



TUGAS AKHIR - TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN DAN
MONITORING LAJU ALIRAN PADA *ORIFICE PLATE*
DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR MPX2010DP
BERBASIS ARDUINO**

NOVIA NUR SA'ADAH
NRP. 2413 031 056

Dosen Pembimbing
Totok Ruki Biyanto , PhD

PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - TF 145565

***DESIGN OF FLOWRATE MEASUREMENT AND
MONITORING SYSTEM ON ORIFACE PLATE USING
MPX2010DP SENSOR BASED ON ARDUINO***

NOVIA NUR SA'ADAH
NRP. 2413 031 021

Supervisor
Totok Ruki Biyanto, PhD

DIPLOMA OF METROLOGY AND INSTRUMENTATION ENGINEERING
Department Of Engineering Physics
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING LAJU
ALIRAN PADA *ORIFICE PLATE* DENGAN
MENGUNAKAN SENSOR MPX2010DP BERBASIS
ARDUINO**

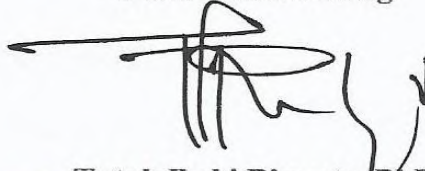
TUGAS AKHIR

Oleh :

NOVIA NUR SA'ADAH
NRP. 2413 031 056

Surabaya, 28 Juli 2016
Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



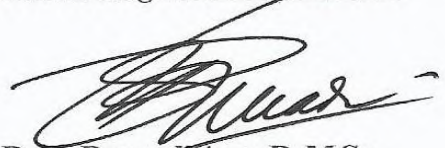
Totok Ruki Biyanto, PhD
NIP. 19710702 199802 1 001



Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTL-IIS

Agus Muhammad Hatta, S.T, MSi, PhD
NIP. 19780902 200312 1 002

Ketua Program Studi
DIII Metrologi dan Instrumentasi



Dr. Ir. Purwadi Agus D, M.Sc
NIP. 19620822 198803 1 001



**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING LAJU
ALIRAN PADA ORIFICE PLATE DENGAN
MENGUNAKAN SENSOR MPX2010DP BERBASIS
ARDUINO**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
NOVIA NUR SA'ADAH
NRP. 2413 031 056

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

- | | |
|------------------------------|--|
| 1. Totok Ruki Biyanto, PhD |  (Pembimbing) |
| 2. Hendra Cordova, ST, MT | (Ketua Tim Penguji) |
| 3. Ir. Ya'umar, MT | (Penguji I) |
| 4. Bagus Tris Atmaja, ST, MT |  (Penguji II) |

**SURABAYA
JULI 2016**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN DAN
MONITORING LAJU ALIRAN PADA *ORIFICE PLATE*
DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR MPX2010DP
BERBASIS ARDUINO**

Nama Mahasiswa : Novia Nur Sa'adah
NRP : 2413 031 056
Jurusan : D3-Metrologi dan Instrumentasi
: Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Totok Ruki Biyanto, PhD

Abstrak

Orifice plate merupakan suatu alat yang sangat penting dalam dunia industri, dimana penggunaan orifice ini yaitu untuk menciptakan perbedaan tekanan antara sisi upstream dan sisi downstream yang nantinya akan dihasilkan nilai dari pressure suatu fluida yang masuk. Orifice concentric umumnya mempunyai kelemahan yaitu rugi tekanan yang akan berakibat pada pressure loss. Pressure loss adalah selisih tekanan yang masuk yang masuk pada sisi upstream dengan tekanan setelah melewati sisi downstream pada orifice tersebut dan biasanya ditunjukan melalui perbedaan tekanan yang terjadi antara upstream dan downstream. Untuk mengetahui karakteristik dari orifice maka perlu dilakukan kalibrasi. Pada penelitian kali ini telah dibuat sebuah rancang bangun sistem pengukuran dan monitoring laju aliran pada orifice plate dengan sensor MPX2010DP yang diintegrasikan dengan arduino uno sebagai mikrokontrollernya dan visual basic 2013 sebagai interface dari monitoring. Alat ukur dari rancang bangun orifice plate mempunyai CV sebesar 17,536x, dimana setiap alat ukur mempunyai nilai yang berbeda-beda. Berdasarkan hasil pengujian alat yang telah dilakukan didapatkan nilai ketidakpastian $\pm 0,0553$ dengan tingkat kepercayaan 95%. Sedangkan nilai keakurasiannya mencapai 85,43% dengan error 0,015.

Kata kunci : *Orifice plate, pressure loss, monitoring*

DESIGN OF FLOWRATE MEASUREMENT SYSTEM AND MONITORING ON VENTURIMETER USING MPX2010DP SENSOR BASED ON ARDUINO

Name : Novia Nur Sa'adah
NRP : 2413 031 056
Department : D3- Metrologi and Instrumentation,
Engineering Physics, FTL,ITS
Supervisor : Totok Ruki Biyanto, PhD

Abstract

Orifice plate is a very important tool in the industry, where the use of this orifice is to create a pressure difference between the upstream and downstream sides of which it will be generated value from the pressure of a fluid entry. Generally, concentric orifice has the disadvantage that the pressure drop will result in pressure loss. Pressure loss is the difference in pressure of the incoming entries on the upstream side to the downstream side of the pressure after passing in the orifice and it usually indicated by the pressure difference between the upstream and downstream. To know the characteristics of the orifice is necessary to do the calibration. In the current study it has been made a plan to build a system of measurement and monitoring the flow rate orifice plate with MPX2010DP sensor integrated with a microcontroller arduino uno and Visual Basic 2013 as the interface of monitoring. Measuring instrument has an orifice plate CV of 17,536x, where each measuring instrument has different value. Based on the results of testing tools that have to be got value uncertainty ± 0.0553 with a 95% confidence level. While the value Accuracy reached 85.43% with an error of 0.015

Keywords: Orifice plate, pressure loss, monitoring

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Tujuan.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Fluida.....	5
2.2 Rotameter	8
2.3 <i>Differential Pressure</i>	9
2.4 <i>Orifice Plate</i>	10
2.5 Karakteristik Statik	16
2.6 Teori Ketidakpastian.....	19
2.7 Sensor <i>MPX2010DP</i>	22
2.8 Rangkaian Penguat	22
2.9 Arduino Uno	23
2.10 <i>Visual Basic 2013</i>	24
2.11 <i>Coefficien Valve/Flow Coefficien (CV)</i>	25
BAB III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT ..	27
3.1 Studi Literatur.....	28
3.2 Perancangan Sistem dan Pembuatan Alat.....	28
3.2.1 Perancangan dan Pembuatan Hardware.....	28

3.2.2 Pembuatan software monitoring	29
3.2.3 Pembuatan Mekanik	31
3.3 Integrasi	32
3.4 Pengujian Alat dan Sistem Monitoring	33
3.5 Pengambilan Data.....	34
3.6 Analisis Data dan Pembahasan.....	35
3.7 Penulisan Laporan	35
BAB IV. ANALISA DATA	37
4.1 Analisa Data.....	37
4.1.1 Hasil Rancang Bangun	37
4.1.2 Rancang Bangun Alat Pengukuran Aliran.....	38
4.1.3 Data spesifikasi alat.....	42
4.1.4 Data Kalibrasu Alat Ukur Laju Aliran	45
4.1.5 Karakteristik Dinamik Laju Aliran pada <i>Orifice Plate</i>	49
4.1.6 Monitoring Laju Aliran pada <i>Orifice Plate</i>	61
4.2 Pembahasan	63
BAB V. PENUTUP	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	65
 DAFTAR PUSTAKA	
 LAMPIRAN A (Data Pengujian Alat dan Kalibrasi)	
LAMPIRAN B (<i>Listing Program di Mikrokontroller</i>	
dan <i>Microsoft Visual Studio 2008</i>)	
LAMPIRAN C (<i>Datasheet</i>)	
BIOGRAFI PENULIS	

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 3.1 Keterangan spesifikasi alat	31
Tabel 4.1 Data pengujian alat pada pengukuran Tekanan	39
Tabel 4.2 Data nilai standart pada orifice plate	41
Tabel 4.3 Data pengujian alat pada pengukuran Flowrate	41
Tabel 4.4 Pengujian karakteristik alat ukur laju Aliran orifice plate	43
Tabel 4.5 Data kalibrasi Alat Ukur Laju Aliran	46
Tabel 4.6 Hasil Uji Sampling Data Setiap 30 detik	49
Tabel 4.7 Hasil Uji Sampling Data Setiap 1 menit	51
Tabel 4.8 Hasil Uji Sampling Data Setiap 3 menit	54
Tabel 4.9 Hasil Uji Sampling Data Setiap 5 menit	56
Tabel 4.10 Hasil Uji Sampling Data Setiap 10 menit	59
Tabel 4.11 Monitoring Laju Aliran pada Orifice Plate	61
Tabel 4.12 Perbandingan pengujian alat dengan perhitungan teori	62

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1	Aliran Laminer 7
Gambar 2.2	Aliran Transisi 8
Gambar 2.3	Aliran Turbulen 8
Gambar 2.4	Rotameter 9
Gambar 2.5	Orifice plate secara umum 10
Gambar 2.6	Standard concentric orifice 11
Gambar 2.7	Eccentric orifice 12
Gambar 2.8	Quadrant bore orifice 13
Gambar 2.9	Segmental orifice 13
Gambar 2.10	Restriction orifice 14
Gambar 2.11	Perbandingan Pressure loss orifice flowmeter dan restriction 15
Gambar 2.12	Prinsip Kerja Orifice 16
Gambar 2.13	Karakteristik output instrumen linier 18
Gambar 2.14	Grafik non-linieritas 19
Gambar 2.15	Tabel <i>T-student</i> 21
Gambar 2.16	Sensor MPX2010DP 22
Gambar 2.17	Arduino Uno 24
Gambar 2.18	Visual Basic 2013 25
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Tugas Akhir 27
Gambar 3.2	Konfigurasi dari Amplifier dengan Sensor tekanan MPX2010DP dan Arduino Uno 29
Gambar 3.3	Desain <i>Input</i> Serial COM 30
Gambar 3.4	Desain Data Pengukuran 30
Gambar 3.5	Desain <i>Output</i> dari Respon Grafik 31
Gambar 3.6	Tampilan pada Arduino 32
Gambar 3.7	Interface pengukuran dalam Visual Basic 2013 33
Gambar 4.1	Diagram blok system pengukuran laju Aliran pada <i>orifice plate</i> 37

Gambar 4.2	Rancang bangun sistem pengukuran laju aliran pada Orifice plate (a)	38
Gambar 4.3	Konfigurasi rangkaian monitoring, rangkaian amplifier(a), mikrokontroller <i>arduino uno</i> (b), sensor MPX2010DP (c)	38
Gambar 4.4	Grafik Nilai Cv dari ΔP pembacaan alat dengan alat ukur standar.	40
Gambar 4.5	Grafik pembacaan alat dan pembacaan standar	42
Gambar 4.6	Grafik Histerisis	45
Gambar 4.7	Grafik <i>Flowrate</i> dengan sampling 30 detik dan <i>Range</i> Ukur Rotameter 3 LPM	50
Gambar 4.8	Grafik <i>Flowrate</i> dengan sampling 30 detik dan <i>Range</i> Ukur Rotameter 5 LPM	50
Gambar 4.9	Grafik <i>Flowrate</i> dengan sampling 30 detik dan <i>Range</i> Ukur Rotameter 7 LPM	51
Gambar 4.10	Grafik <i>Flowrate</i> dengan sampling 1 menit dan <i>Range</i> Ukur Rotameter 3 LPM	52
Gambar 4.11	Grafik <i>Flowrate</i> dengan sampling 1 menit dan <i>Range</i> Ukur Rotameter 5 LPM	53
Gambar 4.12	Grafik <i>Flowrate</i> dengan sampling 1 menit dan <i>Range</i> Ukur Rotameter 7 LPM	53
Gambar 4.13	Grafik <i>Flowrate</i> dengan sampling 3 menit dan <i>Range</i> Ukur Rotameter 3 LPM	55
Gambar 4.14	Grafik <i>Flowrate</i> dengan sampling 3 menit dan <i>Range</i> Ukur Rotameter 5 LPM	55
Gambar 4.15	Grafik <i>Flowrate</i> dengan sampling 3 menit dan <i>Range</i> Ukur Rotameter 7 LPM	56
Gambar 4.16	Grafik <i>Flowrate</i> dengan sampling 5 menit dan <i>Range</i> Ukur Rotameter 3 LPM	57
Gambar 4.17	Grafik <i>Flowrate</i> dengan sampling 5	

	menit dan <i>Range</i> Ukur Rotameter 5 LPM	58
Gambar 4.18	Grafik <i>Flowrate</i> dengan sampling 5 menit dan <i>Range</i> Ukur Rotameter 7 LPM	58
Gambar 4.19	Grafik <i>Flowrate</i> dengan sampling 10 menit dan <i>Range</i> Ukur Rotameter 3 LPM	60
Gambar 4.20	Grafik <i>Flowrate</i> dengan sampling 10 menit dan <i>Range</i> Ukur Rotameter 5 LPM	60
Gambar 4.21	Grafik <i>Flowrate</i> dengan sampling 10 menit dan <i>Range</i> Ukur Rotameter 7 LPM	61

DAFTAR NOTASI

A	=	Luas penampang	m^2
a	=	Koefisien garis lurus ideal	
D	=	diameter pipa	m
F	=	gaya	Newton
g	=	percepatan gravitasi	m/s^2
h	=	ketinggian	m
K	=	Faktor cakupan	
m	=	massa fluida	kg
n	=	Jumlah data	
P	=	tekanan fluida	psig
ρ_w	=	kerapatan air	kg/m^3
Q	=	laju aliran	liter/menit
$s.g$	=	<i>specific gravity</i>	
t_i	=	Pembacaan standar	Liter/menit
U_{A1}	=	Nilai suatu ketidakpastian pengukuran	Liter/menit
U_{A2}	=	Nilai ketidakpastian regresi	Liter/menit
U_{B1}	=	Nilai ketidakpastian resolusi	Liter/menit
U_{B2}	=	Nilai ketidakpastian dari kalibrator	Liter/menit
U_c	=	Nilai ketidakpastian dari pengukuran nilai kombinasi	Liter/menit
U_i	=	Hasil ketidakpastian tipe A	
V	=	volume fluida	m^3
v	=	kecepatan fluida	m/detik
V_{eff}	=	Derajat kebebasan efektif dari ketidakpastian kombinasi	Liter/menit
v_i	=	Derajat kebebasan dari komponen ketidakpastian ke-I dan B	Liter/menit Liter/menit
x_i	=	Pembacaan alat	Liter/menit
y_i	=	Nilai koreksi	Liter/menit
ρ	=	<i>density</i>	kg/m^3
μ	=	viskositas dinamik fluida	kg/ms

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat, dimana telah diciptakan suatu peralatan yang modern dalam hal mempercepat dan mempermudah suatu pekerjaan khususnya dalam industri. Instrumen yaitu peralatan yang digunakan untuk mengukur serta mengendalikan berbagai operasi kerja sistem seperti tekanan, laju aliran, temperatur serta level (permukaan). Tujuan dari kegiatan pengukuran ini adalah untuk mendapatkan hasil yang diinginkan sesuai dengan kebutuhan, memperkecil kemungkinan terjadinya kerusakan unit operasi tersebut sehingga peran pengendalian laju aliran sangatlah penting untuk menjaga keadaan aliran tetap sesuai dengan standar operasi.

Alat pengukur laju aliran fluida memiliki ragam yang bermacam-macam tergantung dari prinsip pengukuran yang digunakan. Pengukuran aliran fluida merupakan hal penting dalam *flow control* (pengendalian aliran). Aliran diukur berdasarkan besarnya kecepatan fluida yang melewati luas penampang tertentu. Empat faktor penting dalam pengukuran aliran fluida dalam pipa adalah kecepatan fluida, friksi atau gesekan fluida dengan pipa, viskositas atau kekentalan fluida, dan kerapatan fluida.

Diantara sekian banyak metode pengukuran laju aliran yang sering digunakan adalah dengan menggunakan *orifice*. *Orifice* merupakan salah satu metode untuk mengukur aliran dengan menggunakan prinsip mengubah kecepatan aliran, yaitu mengubah luasan yang dilalui aliran fluida tersebut (*orifice*). *Orifice* adalah salah satu alat yang digunakan untuk mengukur laju aliran volum atau massa fluida di dalam saluran yang tertutup (pipa) berdasarkan prinsip beda tekanan.

Orifice Plate (Sebuah plat lubang) adalah pelat tipis dengan lubang di tengah. Hal ini biasanya ditempatkan dalam pipa aliran fluida di mana ketika cairan mencapai pelat *orifice*, dengan lubang di tengah, cairan dipaksa untuk berkumpul untuk pergi melalui lubang kecil. Dengan mengukur perbedaan tekanan fluida antara bagian pipa normal dan di *vena contracta*, tingkat aliran volumetrik dan massa dapat diperoleh dari persamaan *Bernoulli*. Perubahan kecepatan setelah melalui *orifice plate* tersebut berkaitan dengan perubahan tekanan (*differential pressure*).

Untuk mempermudah pengukuran beda tekanan pada *orifice* maka digunakan sensor tekanan, dimana ada berbagai macam tipe sensor tekanan. Sensor tekanan dapat diklasifikasikan menurut range tekanan yang dapat diukur, range suhu saat bekerja, dan jenis tekanan yang diukur. Karena pada *plant*, range tekanan yang terukur antara 0-10 kPa, maka menggunakan sensor jenis MPX20101DP sebagai transmitternya.

Differential pressure sensor mengukur perbedaan antara dua atau lebih tekanan sebagai input. Hasil dari pembacaan sensor akan diproses oleh mikrokontroller untuk dibandingkan dengan kalibrator pada rancangan yaitu rotameter. Pada rancangan alat terdapat alat ukur flow lainnya yaitu *venturi meter*, *pitot tube*, dan *elbow taps*.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang dihadapi dalam tugas akhir ini adalah :

- a. Bagaimana rancang bangun sistem pengukuran dan monitoring laju aliran?
- b. Bagaimana karakteristik alat ukur *orifice plate* yang didapat dari hasil perbandingan tiap alat ukur pada plant pengukuran laju aliran?
- c. Bagaimana sistem pengintegrasian sensor tekanan MPX2010DP, mikrokontroller (Arduino Uno) dengan *software Visual Studio 2013* dan *Microsoft Excel* sebagai monitoring laju aliran?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah :

- a. Membuat rancang bangun sistem pengukuran dan monitoring laju aliran.
- b. Mengetahui karakteristik alat ukur *orifice plate* yang didapat dari hasil perbandingan tiap alat ukur pada *plant* pengukuran laju aliran.
- c. Mengetahui dan memahami sistem pengintegrasian sensor tekanan MPX2010DP, mikrokontroler (Arduino Uno) dengan *software Visual Studio 2013* dan *Microsoft Excel* sebagai monitoring laju aliran.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penyelesaian masalah pada penelitian tugas akhir ini maka batasan masalah yang diangkat adalah sebagai berikut :

- a. Alat yang dirancang hanya memiliki fungsi untuk mengukur laju aliran yang didapat dari perbedaan tekanan.
- b. Komponen dari alat ini adalah MPX2010DP sebagai sensor tekanan, arduino sebagai mikrokontroler atau data program, *software Visual Studio 2013* yang berfungsi sebagai sistem komunikasi monitoring laju aliran.
- c. Fluida yang diukur oleh *plant* hanya berupa air.

1.5 Manfaat

Manfaat yang didapatkan pada penyelesaian tugas akhir ini adalah rancang bangun *plant* ini digunakan sebagai sistem monitoring dengan menggunakan sensor tekanan MPX2010DP dan tampilan menggunakan *software Visual Studio 2013* untuk mengetahui karakteristik *orifice plate* dalam pengukuran laju aliran

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fluida

Fluida adalah zat yang dapat mengalir atau sering disebut Zat Alir. fluida dapat mencakup zat cair atau gas. Zat cair dan gas dapat dibedakan yaitu zat cair adalah Fluida yang non kompresibel (tidak dapat ditekan) artinya tidak berubah volumenya jika mendapat tekanan. Fluida memiliki sifat tidak menolak terhadap perubahan bentuk dan kemampuan untuk mengalir (atau umumnya kemampuannya untuk mengambil bentuk dari wadah mereka). Sifat ini biasanya dikarenakan sebuah fungsi dari ketidakmampuan mereka mengadakan tegangan geser (shear stress). Gas adalah fluida yang kompresibel, artinya dapat ditekan, Gas tidak mempunyai bentuk maupun volume yang tetap, gas akan berkembang mengisi seluruh wadah. Karena fase cair dan gas tidak mempertahankan suatu bentuk yang tetap, keduanya mempunyai kemampuan untuk mengalir.

a. Sifat-Sifat Fluida

Untuk mengerti aliran fluida maka harus mengetahui beberapa sifat dasar fluida. Adapun sifat - sifat dasar fluida yaitu : kerapatan (*density*) ρ , *specific gravity* (s.g), laju aliran massa (\dot{m}), kekentalan (*viscosity*) μ .

1. Kerapatan (*density*) ρ

Kerapatan (*density*) ρ suatu zat adalah ukuran untuk konsentrasi zat tersebut dan dinyatakan dalam massa per satuan volume. Sifat ini ditentukan dengan cara menghitung perbandingan massa zat yang terkandung dalam suatu bagian tertentu terhadap volume bagian tersebut.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.1)$$

Dimana : v = volume fluida (m^3)

m = massa fluida (kg)

ρ = rapat massa (kg/m^3)

2. *Specific Gravity* (s.g)

Specific gravity (s.g) adalah sifat yang digunakan untuk membandingkan kerapatan suatu zat dengan kerapatan air. Karena kerapatan semua zat cair bergantung pada temperatur serta tekanan, maka temperatur zat cair yang dipertanyakan, serta temperatur air yang dijadikan acuan, harus dinyatakan untuk mendapatkan harga-harga gravitasi jenis yang tepat.

$$s.g = \frac{\rho}{\rho_w} \quad (2.2)$$

Dimana : s.g = spesifik *gravity*

ρ = rapat massa (kg/m³)

ρ_w = kerapatan air (kg/m³)

3. Laju Aliran Massa (m)

Laju aliran massa yang mengalir dapat diketahui dengan persamaan dibawah ini:

$$m = \rho \cdot V \cdot A \quad (2.3)$$

Dimana : \dot{m} = laju aliran massa (kg/s)

V = kecepatan aliran fluida (m/s)

ρ = rapat massa (kg/m³)

A = luas penampang pipa (m²)

4. Viskositas (μ)

Viskositas adalah ukuran ketahanan sebuah fluida terhadap deformasi atau perubahan-perubahan bentuk. Viskositas zat cair cenderung menurun dengan seiring bertambahnya kenaikan temperatur, hal ini disebabkan gaya-gaya kohesi pada zat cair bila dipanaskan akan mengalami penurunan dengan semakin bertambahnya temperatur pada zat cair yang menyebabkan berturunnya viskositas dari zat

cair tersebut. Terdapat dua jenis viskositas yaitu viskositas dinamik dan viskositas kinetik.

b. Tipe-tipe aliran

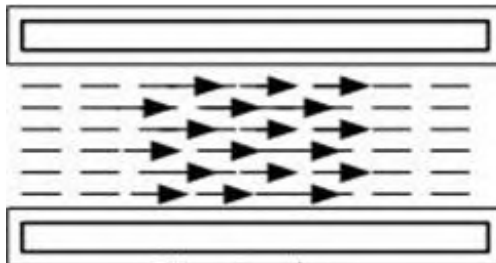
Bilangan Reynolds merupakan bilangan yang tak berdimensi yang dapat membedakan suatu aliran dinamakan laminar, transisi dan turbulen.

$$Re = \frac{VD\rho}{\mu} \quad (2.4)$$

Dimana : V = kecepatan fluida (m/s)
 D = diameter dala pipa (m)
 ρ = rapat massa fluida (kg/m³)
 μ = viskositas dinamik fluida (kg/ms)
 atau (N.s/m²)

1. Aliran Laminar

Aliran laminar didefinisikan sebagai aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan–lapisan atau lamina–lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Aliran laminar ini mempunyai nilai bilangan Reynoldsnnya kurang dari 2300 ($Re < 2300$).

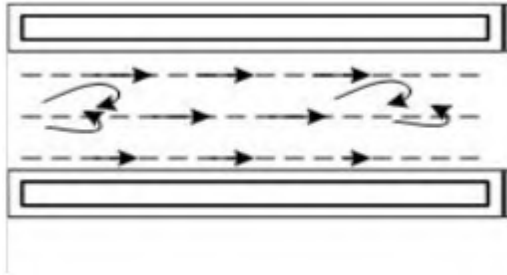


Gambar 2.1. Aliran Laminer

2. Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Keadaan peralihan ini tergantung pada viskositas fluida, kecepatan dan lain-lain yang menyangkut

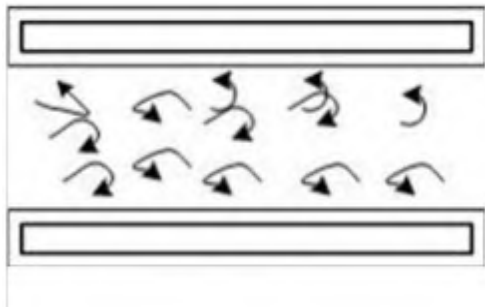
geometri aliran dimana nilai bilangan Reynoldsnnya antara 2300 sampai dengan 4000 ($2300 < Re < 4000$)



Gambar 2.2. Aliran Transisi

3. Aliran Turbulen

Aliran turbulen didefinisikan sebagai aliran yang dimana pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida ke bagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Dimana nilai bilangan Reynoldsnnya lebih besar dari 4000 ($Re > 4000$).

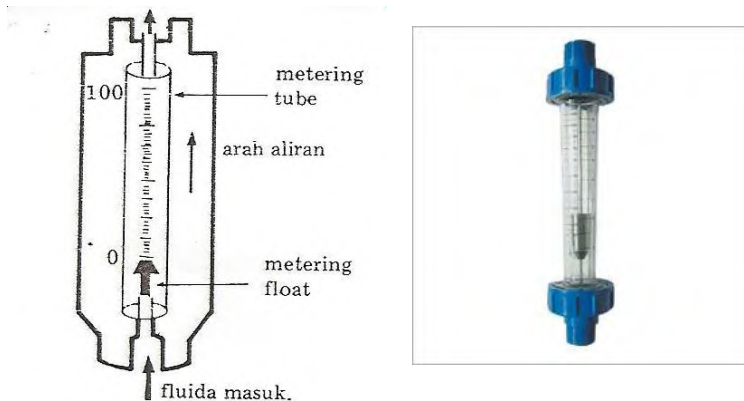


Gambar 2.3. Aliran Turbulen.

2.2 Rotameter

Rotameter adalah alat pengukur aliran yang mengukur aliran volumetrik aliran cairan dan gas. Rotameter termasuk dalam kelas

meter yang disebut variabel area meter, yang mengukur berbagai laju aliran luas penampang fluida yang bergerak melaluinya. Pada alat ini, terdapat sebuah float yang mengambang yang berada di dalam tabung berbentuk meruncing tegak. Ketika terdapat tingkat aliran tinggi yang melalui float dan tabung, float akan terbawa dan mengambang ke atas. Gaya dan jarak angkat dari pelampung sebanding dengan laju aliran. Gaya angkat ini dihasilkan oleh tekanan yang menekan pelampung hingga naik ke atas yang dinamakan area meter karena letak ketinggian float itu bergantung pada luas bidang annulus diantara pelampung dan tabung gelas tirus itu. Float akan naik dan menunjukkan pada skala pengukuran dengan satuan yang diketahui.



Gambar 2.4. Rotameter

2.3 Differential Pressure

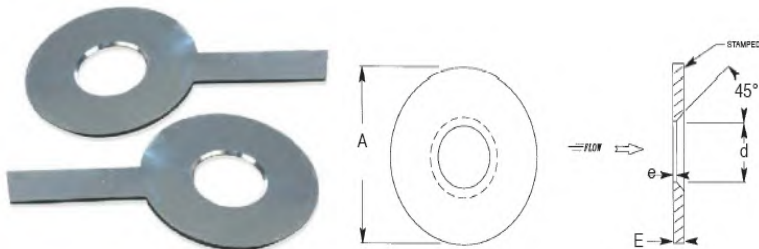
Pressure drop dapat dideteksi melalui sebuah gangguan pada sistem kerja suatu alat. Metode ini merupakan metode yang paling umum digunakan oleh pengukuran aliran di industri. Tekanan berkurang yang dihasilkan dari aliran yang mengalir melewati suatu gangguan sebanding dengan laju aliran dan densitas fluida. Karena itu, jika densitas konstan, *pressure drop* dapat diinterpretasikan menjadi pembacaan aliran. Metode pengukuran

ini didasari oleh dua persamaan yaitu persamaan kontinuitas dan persamaan Bernoulli

2.4 Orifice Plate

Orifice adalah salah satu alat yang digunakan untuk mengukur laju aliran volum atau massa fluida di dalam saluran yang tertutup (pipa) berdasarkan prinsip beda tekanan. Alat ini berupa plat tipis dengan gagang yang diapit diantara flange pipa. Fungsi dari gagang *orifice* adalah untuk memudahkan dalam proses pemasangan dan penggantian. *Orifice* merupakan salah satu komponen dari perangkat primer (*primary device*) untuk mengukur aliran dengan menggunakan prinsip mengubah kecepatan aliran, riilnya yaitu mengubah luasan yang dilalui aliran fluida tersebut (*orifice*).

Pada dasarnya *orifice* berupa plat tipis dengan lubang di bagian tertentu (umumnya di tengah). Fluida yang mengalir melalui pipa ketika sampai pada *orifice* akan dipaksa untuk melewati lubang pada *orifice*. Hal itu menyebabkan terjadinya perubahan kecepatan dan tekanan. Titik dimana terjadi kecepatan maksimum dan tekanan minimum disebut *vena contracta*. Setelah melewati *vena contracta* kecepatan dan tekanan akan mengalami perubahan lagi. Dengan mengetahui perbedaan tekanan pada pipa normal dan tekanan pada *vena contracta*, laju aliran volume dan laju aliran massa dapat diperoleh dengan persamaan *Bernoulli*.



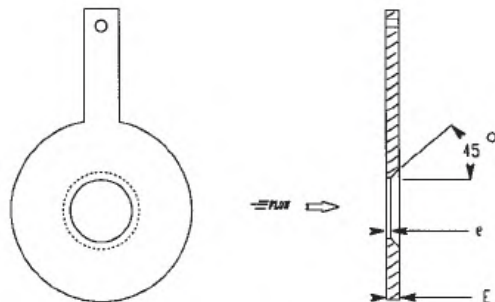
Gambar 2.5. *Orifice plate* secara umum

a. Jenis-Jenis *Orifice*

Untuk melayani berbagai jenis aliran dan beraneka ragam fluida, maka terdapat beberapa jenis orifice plate, yaitu :

1. *Concentric Orifice*

Concentric Orifice merupakan jenis *orifice* yang paling banyak digunakan. Profil lubang *orifice* ini mempunyai takik (bevel) dengan kemiringan 45° pada tepi bagian *downstream*. Hal ini akan mengurangi jarak tempuh dari aliran tersebut mengalami perbedaan tekanan melintang. Setelah aliran melewati *orifice* akan terjadi penurunan tekanan dan kemudian mencoba kembali ke tekanan semula tetapi terjadi sedikit tekanan yang hilang permanen (*permanent pressure loss*) sehingga perbedaan tekanan *upstream* dan *downstream* tidak terlalu besar. Perbandingan diameter *orifice* dan diameter dalam pipa dilambangkan dengan " β ". *Orifice* jenis ini memiliki ketentuan untuk nilai β yaitu antara 0.2-0.7 karena akurasi akan berkurang untuk nilai diluar batas tersebut.

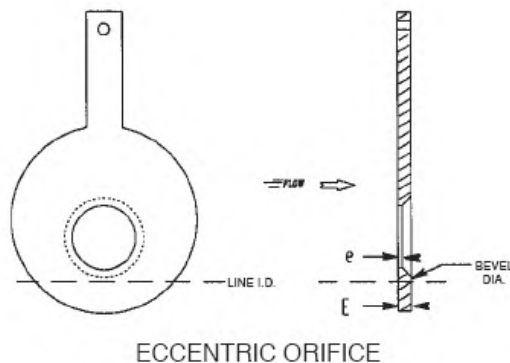


STANDARD CONCENTRIC ORIFICE

Gambar 2.6. *Standard concentric orifice*

2. *Eccentric Orifice*

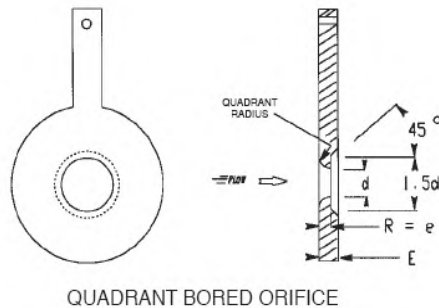
Eccentric orifice mempunyai profil lubang yang sama dengan *concentric orifice*. Akan tetapi, pada *eccentric orifice* lubang tidak terletak tepat di tengah. diameter takik (bevel) bagian bawah hampir lurus (98%) dengan diameter dalam dari pipa. Titik pusat lubang penghalang tidak satu garis pusat dengan pusat penampang pipa. Pemasangan lubang yang tidak konsentris ini dimaksud untuk mengurangi masalah jika fluida yang diukur membawa berbagai benda padat (*solid*).



Gambar 2.7. *Eccentric orifice*

3. *Quadrant Bore Orifice*

Quadrant bore orifice digunakan untuk mengukur aliran fluida dengan viskositas tinggi dan direkomendasikan untuk bilangan *Reynold* di bawah 10000. Profil dari lubang *Quadrant bore orifice* dapat dilihat pada gambar di bawah. Radius “R” merupakan fungsi dari β . Ketebalan *orifice* sebanding dengan kuadran radius “R”.

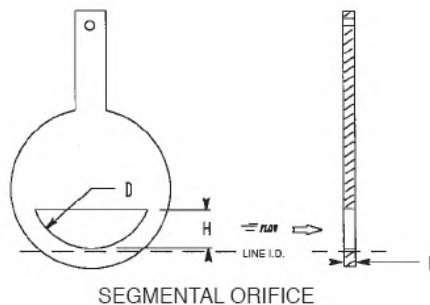


QUADRANT BORED ORIFICE

Gambar 2.8. *Quadrant bore orifice*

4. *Segmental Orifice*

Segmental orifice didesain untuk fluida dengan kandungan sedimen yang tinggi. Profil dari lubang *segmental orifice* dapat dilihat pada gambar di bawah. Diameter “D” bagian bawah hampir lurus (98%) dengan diameter dalam dari pipa. “H” merupakan tinggi dari lingkaran lubang. Rasio β merupakan diameter lubang “D” dibagi dengan diameter dalam dari pipa. *Segmental orifice* merupakan jenis *orifice* yang paling sulit dalam proses manufaktur, diperlukan proses finishing secara manual.

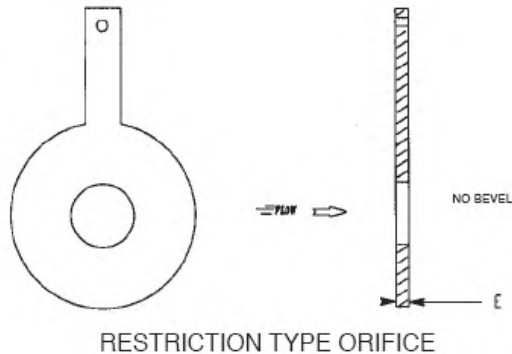


SEGMENTAL ORIFICE

Gambar 2.9. *Segmental orifice*

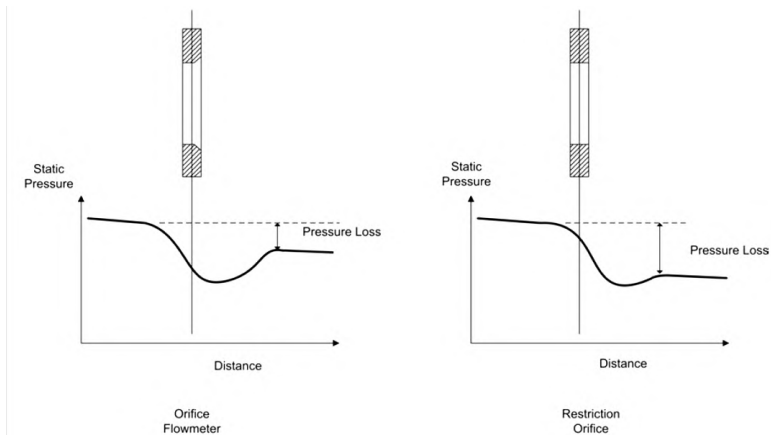
5. *Restriction Orifice*

Tujuan dari instalasi *Restriction orifice* adalah untuk menghasilkan *pressure drop* yang besar. *Restriction orifice* biasanya ditunjukkan dengan “RO” atau “FO”. *Restriction orifice* dapat menghasilkan *pressure drop* sampai 50 % untuk fluida gas. Profil lubang *Restriction orifice* berbeda dengan *orifice* yang lain Profil lubangnya lurus sehingga tekanan yang hilang secara permanen cukup besar akibatnya perbedaan tekanan upstream dan tekanan *downstream* cukup mencolok.



Gambar 2.10. *Restriction orifice*

Profil tekanan suatu fluida yang melewati orifice flowmeter dan *restriction orifice* dapat dilihat pada gambar di bawah ini



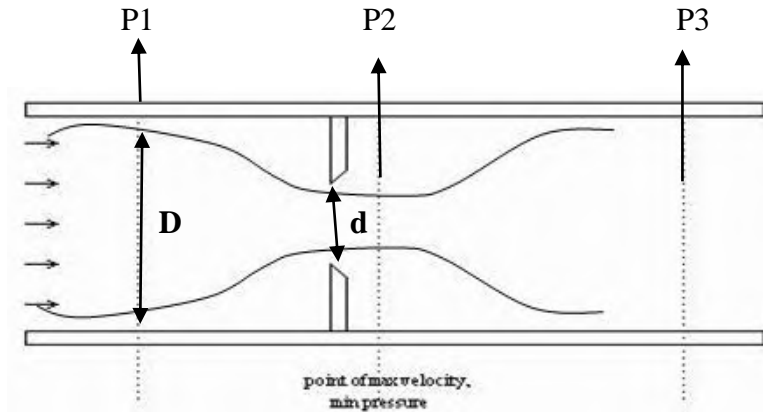
Gambar 2.11. Perbandingan *Pressure loss orifice flowmeter* dan *restriction*

b. Prinsip Kerja *Orifice*

Orifice merupakan alat untuk mengukur laju aliran dengan prinsip beda tekanan atau disebut juga *Bernoulli's principle* yang mengatakan bahwa terdapat hubungan antara tekanan fluida dan kecepatan fluida. Jika kecepatan meningkat, tekanan akan menurun begitu pula sebaliknya.

Pada dasarnya *orifice* berupa plat tipis dengan lubang di bagian tertentu (umumnya di tengah). Fluida yang mengalir melalui pipa ketika sampai pada *orifice* akan dipaksa untuk melewati lubang pada *orifice*. Hal itu menyebabkan terjadinya perubahan kecepatan dan tekanan. Titik dimana terjadi kecepatan maksimum dan tekanan minimum disebut *vena contracta*. Setelah melewati *vena contracta* kecepatan dan tekanan akan mengalami perubahan lagi. Dengan mengetahui perbedaan tekanan pada pipa normal dan tekanan pada *vena contracta*, laju aliran volume dan laju aliran massa dapat diperoleh dengan persamaan *Bernoulli*.

Skema prinsip kerja *orifice* dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.12. Prinsip Kerja *Orifice*

Keterangan :

P_{cb} = tekanan *upstream*

P_2 = tekanan *downstream* (pada vena contracta)

P_3 = tekanan setelah terjadi pemulihan (setelah melewati vena contracta)

D = diameter dalam pipa

d = diameter *orifice*

2.5 Karakteristik Statik

Karakteristik statik pengukuran merupakan karakteristik yang ditentukan melalui perhitungan matematik atau secara grafik. Karakteristik statik merupakan karakter yang menggambarkan parameter dari sebuah instrument pada saat keadaan *steady*. Karakteristik statik terdiri dari:

a. *Range*

Range merupakan selisih antara nilai minimum dan maksimum yang terukur oleh suatu instrument atau alat ukur.

b. *Akurasi*

Akurasi merupakan tingkat ketelitian suatu alat dalam memberikan hasil pengukuran.

c. *Toleransi*

Toleransi menunjukkan kesalahan maksimum yang diperbolehkan pada hasil pembacaan alat ukur.

d. *Sensitivitas*

Sensitivitas menunjukkan perubahan output instrument yang terjadi saat diberi kualitas pengukuran yang berbeda. Sensitivitas diperoleh dari $\Delta O / \Delta I$, dimana O adalah output dan I adalah input.

e. *Repeatability*

Repeatability merupakan kemampuan *instrument* dalam menampilkan ulang output pengukuran yang sama pada pengukuran yang berulang.

f. *Linearitas*

Linearitas merupakan grafik yang menampilkan pengukuran nilai sebenarnya (*input*) yang dapat menghasilkan output nilai yang ditunjukkan oleh instrumen (*output*). Pengukuran yang baik adalah ketika input pengukuran dan output pengukuran berbanding lurus (linear). Linearitas dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$O - O_{\min} = \frac{O_{\max} - O_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} (I - I_{\min}) \quad (2.5)$$

Persamaan Linearitas :

$$O_{\text{ideal}} = KI + a \quad (2.6)$$

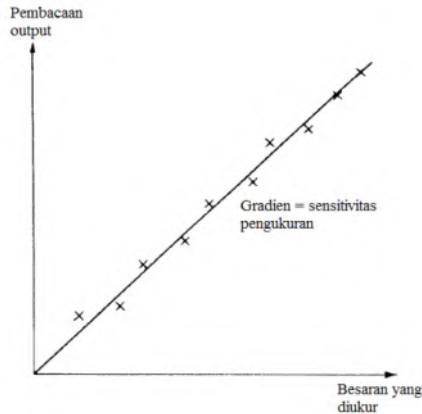
Dimana:

$$K = \frac{O_{max} - O_{min}}{I_{max} - I_{min}} \quad (2.7)$$

dan

$$a = O_{min} - KI_{min} \quad (2.8)$$

Berikut merupakan grafik karakteristik statis linier suatu instrumen:



Gambar 2.13. Karakteristik output instrumen linier

g. *Non – Linieritas*

Dalam beberapa keadaan, bahwa dari persamaan linieritas muncul garis yang tidak lurus yang biasa disebut *non-linier* atau tidak linier. Didalam fungsi garis yang tidak linier ini menunjukkan perbedaan antara hasil pembacaan *actual* / nyata dengan garis lurus idealnya. Dengan persamaan sebagai berikut :

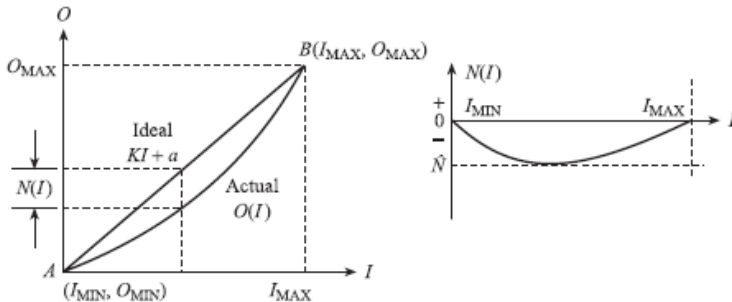
$$N(I) = O(I) - (KI + a) \quad (2.9)$$

$$O(I) = KI + a + N(I) \quad (2.10)$$

Sedangkan untuk persamaan dalam bentuk prosentase dari defleksi skala penuh, sebagai berikut:

Prosentase maksimum Nonlinieritas dari defleksi skala penuh

$$= \frac{\bar{N}}{O_{maks} - O_{min}} \times 100\% \quad (2.11)$$



Gambar 2.14. Grafik non-linieritas (Bentley, 2005)

2.6 Teori Ketidakpastian

Ketidakpastian pengukuran merupakan tingkat seberapa besar ketidakpastian yang dihasilkan oleh suatu alat ukur. Dalam menghitung ketidakpastian pengukuran ada beberapa langkah yang harus dihitung, antara lain:

a. Koreksi

Koreksi dapat diperoleh dengan persamaan berikut

Koreksi = Pembacaan standard - Pembacaan alat

b. Standard deviasi

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (D_i - D')^2}}{n-1} \quad (2.12)$$

dimana :

D_i = koreksi alat ukur

D' = rata-rata koreksi

n = Banyak range pengukuran

c. Analisa Type A, (U_a)

Pada analisa tipe A ini hasilnya diperoleh dari data pengukuran. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$U_{a1} = \frac{\sigma_{maks}}{\sqrt{n}} \quad (2.13)$$

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} \quad (2.14)$$

d. Analisa Type B, (U_b)

Analisa tipe B ini diperoleh berdasarkan sertifikat kalibrasi atau spesifikasi dari alat ukur. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$U_{b1} = \frac{Resolusi/2}{\sqrt{3}} \quad (2.15)$$

Dimana :

SSR = *Sum Square Residual*

$$U_{b2} = \frac{a}{k} \quad (2.16)$$

e. Ketidakpastian Kombinasi (U_c)

U_c merupakan Ketidakpastian kombinasi dari ketidakpastian tipe A dan ketidakpastian tipe B. Adapun persamaan dari ketidakpastian kombinasi adalah:

$$U_c = \sqrt{U_{a1}^2 + U_{a2}^2 + U_{b1}^2 + U_{b2}^2} \quad (2.17)$$

f. V efektif

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\frac{\sum (U_i)^4}{v_i}} \quad (2.18)$$

Dimana :

V_{eff} = Derajat kebebasan efektif dari ketidakpastian kombinasi

v_i = Derajat kebebasan dari komponen ketidakpastian ke-i

U_i = Hasil ketidakpastian tipe A dan B

Setelah ditentukan nilai derajat kebebasan efektif, maka dapat dilanjutkan dengan menghitung nilai faktor cakupan sesuai dengan tingkat kepercayaan yang diinginkan, dimana faktor cakupan (k) didapat dari tabel *T-students* pada gambar 2.1 berikut.

TABLE B: t-DISTRIBUTION CRITICAL VALUES													
df	Tail probability p												
	.25	.20	.15	.10	.05	.025	.02	.01	.005	.0025	.001	.0005	
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	15.89	31.82	63.66	127.3	318.3	636.6	
2	.816	1.061	1.386	1.886	2.924	4.303	4.849	9.850	19.00	22.32	31.60	61.68	
3	.765	.978	1.250	1.771	2.353	3.182	3.462	5.841	7.453	8.451	10.21	12.92	
4	.741	.941	1.190	1.533	2.132	2.776	2.999	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610	
5	.727	.920	1.156	1.476	2.015	2.571	2.797	3.462	4.035	4.773	5.893	6.869	
6	.718	.906	1.134	1.440	1.943	2.447	2.612	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959	
7	.711	.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.537	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408	
8	.706	.893	1.108	1.397	1.860	2.306	2.480	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041	
9	.703	.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.398	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781	
10	.700	.879	1.093	1.372	1.812	2.238	2.359	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587	
11	.697	.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.328	2.718	3.106	3.499	4.025	4.437	
12	.695	.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.303	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318	
13	.694	.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.282	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221	
14	.692	.868	1.076	1.345	1.761	2.143	2.264	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140	
15	.691	.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.249	2.602	2.947	3.286	3.738	4.073	
16	.690	.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.235	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015	
17	.689	.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.224	2.567	2.898	3.222	3.646	3.963	
18	.688	.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.214	2.552	2.878	3.197	3.611	3.922	
19	.688	.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.205	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883	
20	.687	.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.197	2.528	2.845	3.153	3.553	3.850	
21	.686	.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.189	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819	
22	.686	.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.183	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792	
23	.685	.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.177	2.500	2.807	3.104	3.483	3.768	
24	.685	.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.172	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745	
25	.684	.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.167	2.483	2.787	3.078	3.450	3.725	
26	.684	.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.162	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707	
27	.684	.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.158	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690	
28	.683	.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.154	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674	
29	.683	.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.150	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659	
30	.683	.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.147	2.457	2.750	3.030	3.383	3.646	
40	.681	.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.123	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551	
50	.679	.849	1.047	1.299	1.676	2.009	2.109	2.403	2.678	2.937	3.261	3.496	
60	.679	.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.099	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460	
80	.678	.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.088	2.374	2.639	2.887	3.195	3.416	
100	.677	.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.081	2.364	2.626	2.871	3.174	3.390	
1000	.675	.842	1.037	1.282	1.646	1.962	2.056	2.330	2.581	2.813	3.098	3.300	
∞	.674	.841	1.036	1.282	1.643	1.960	2.054	2.326	2.576	2.807	3.091	3.291	
Confidence level C													
.908 .60% .70% .80% .90% .95% .98% .99% .995 .998 .999 .9995 .9998 .9999													

Gambar 2.15. Tabel T-student

g. Ketidakpastian Diperluas

Hasil akhir kalibrasi adalah ketidakpastian diperluas sehingga alat ukur tersebut dapat diketahui ketidakpastiannya melalui *Uexpand*. Persamaan *Uexpand* adalah:

$$U_{\text{expand}} = k \cdot U_c \quad (2.19)$$

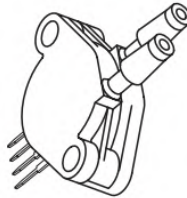
Dimana : k = Faktor cakupan

U_c = Nilai ketidakpastian kombinasi

2.7 Sensor MPX2010DP

Sensor tekanan berbahan silikon piezoresistive seri MPX2010 memberikan keluaran tegangan yang sangat akurat dan sebanding dengan tekanan yang berlaku. Sensor ini menyimpan sebuah silicon monolithic single dalam strain gauge dan jaringan resistor thin film yang terintegrasi.

Sensor tekanan tipe MPX2010DP merupakan sensor tekanan yang bekerja berdasarkan perbedaan tekanan diantara dua output. Memiliki range tekanan antara 0 kPa sampai 10 kPa atau setara dengan 1,45 Psi, sedangkan supply tegangannya adalah 0 volt sampai 16 volt. Sensor MPX2010DP memiliki 4 pin dan 2 port, port 1 adalah positif pressure dan port 2 adalah vacuum. Pin pada sensor terdiri dari pin 1 untuk ground, pin 2 (+) output, pin 3 (+) supply, pin 4 (-) output



Gambar 2.16. Sensor MPX2010DP

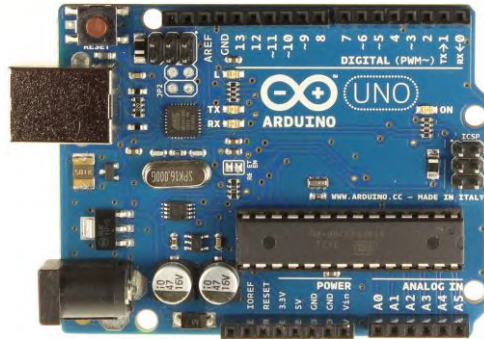
2.8 Rangkaian Penguat

Operational Amplifier atau di singkat op-amp merupakan salah satu komponen analog yang populer digunakan dalam berbagai aplikasi rangkaian elektronika. Aplikasi op-amp populer yang paling sering dibuat antara lain adalah rangkaian inverter, non-inverter, integrator dan differensiator. Pada pokok bahasan kali ini akan dipaparkan beberapa aplikasi op-amp yang paling dasar, dimana rangkaian *feedback* (umpan balik) negatif memegang peranan penting. Secara umum, umpanbalik positif akan menghasilkan osilasi sedangkan umpanbalik negatif menghasilkan penguatan yang dapat terukur.

Op-amp pada dasarnya adalah sebuah *differential amplifier* (penguat diferensial) yang memiliki dua masukan. *Input* (masukan) op-amp seperti yang telah dimaklumi ada yang dinamakan *input inverting* dan *non-inverting*. Op-amp ideal memiliki *open loop gain* (penguatan *loop* terbuka) yang tak terhingga besarnya. Seperti misalnya op-amp LM741 yang sering digunakan oleh banyak praktisi elektronika, memiliki karakteristik tipikal *open loop gain* sebesar $10^4 \sim 10^5$. Penguatan yang sebesar ini membuat opamp menjadi tidak stabil, dan penguatannya menjadi tidak terukur (*infinite*). Disinilah peran rangkaian *negative feedback* (umpan balik negatif) diperlukan, sehingga op-amp dapat dirangkai menjadi aplikasi dengan nilai penguatan yang terukur (*finite*). Impedansi *input* op-amp ideal mestinya adalah tak terhingga, sehingga mestinya arus *input* pada tiap masukannya adalah 0

2.9 Arduino Uno

Arduino Uno adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega328. *Arduino Uno* memiliki 14 pin *input* dan *output* digital dengan sebanyak enam pin *input* tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM (*Pulse Width Modulation*) dan 6 pin *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan *board Arduino Uno* ke komputer dengan menggunakan kabel USB dan AC adaptor sebagai suplai atau baterai untuk menjalankannya.

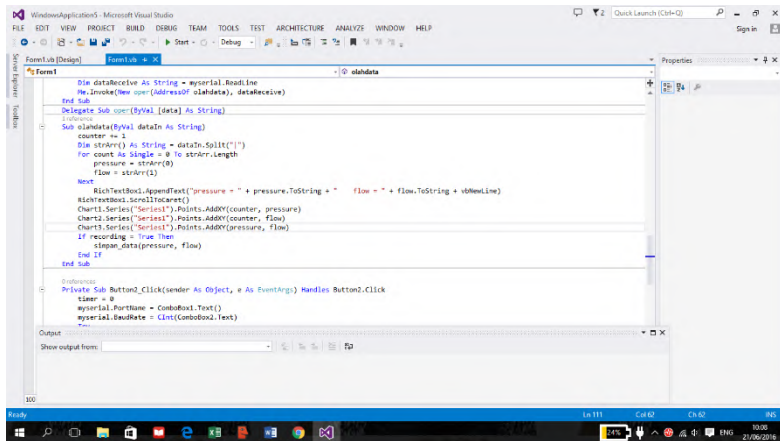


Gambar 2.17. Arduino Uno

2.10 Visual Basic 2013

Microsoft Visual Basic 2013 merupakan bagian dari kelompok bahasa pemrograman Visual Studio 2013 yang dikembangkan oleh Microsoft. Visual Studio 2013 terdiri dari beberapa bahasa pemrograman diantaranya adalah Microsoft Visual Basic 2013, Microsoft C# 2013, Microsoft Visual C++ 2013, dan Visual Web Developer 2013.

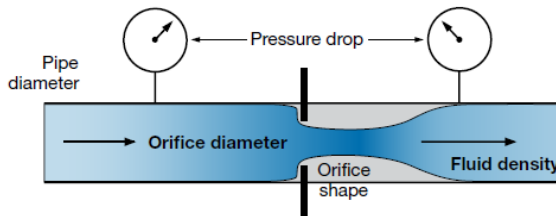
Visual sendiri digunakan untuk membuat *interface* yang bersifat grafis *Graphical User Interface* (GUI). Basic merupakan bahasa BASIC (*Beginners All-Purpose Symbolic Instruction Code*) yang memiliki ratusan pernyataan (*statements*), fungsi (*functions*), dan kata kunci (*keywords*), dan kebanyakan di antaranya terkait dengan *interface* grafis di Windows. Bahasa pemrograman Visual Basic tidak hanya identik dengan Visual Basic saja. Sistem Pemrograman Visual Basic dalam bentuk aplikasi, telah dimasukkan ke dalam Microsoft Excel, Microsoft Access, dan banyak aplikasi Windows lainnya juga menggunakan bahasa yang sama.



Gambar 2.18. Visual Basic 2013

2.11 Coefficient Valve/Flow Coefficient (CV)

Cv untuk cairan adalah volume dari air 68°F dalam gallon per menit yang melewati sebuah valve pada pressure drop 1 Psi. Menggunakan prinsip konservasi energy, ditemukan bahwa cairan yang mengalir melalui orifice, kecepatan fluida secara langsung sebanding dengan perbedaan tekanan yang melewati orifice dan berbanding terbalik dengan specific gravity fluida. Semakin besar perbedaan tekanan, semakin tinggi kecepatan, semakin besar densitas, semakin rendah kecepatan. Volume laju aliran untuk cairan dapat dihitung dengan mengkalikan kecepatan fluida dengan daerah aliran.



Gambar 2.19. Penerapan Prinsip Cv

Persamaannya dapat ditulis sebagai berikut :

$$Q = C_v \sqrt{\frac{\Delta P}{G}} \quad (2.20)$$

dimana :

- Q = Laju aliran (GPM)
- C_v = Koefisien Valve
- ΔP = Perbedaan tekanan (Psi)
- G = Spesific gravity fluida

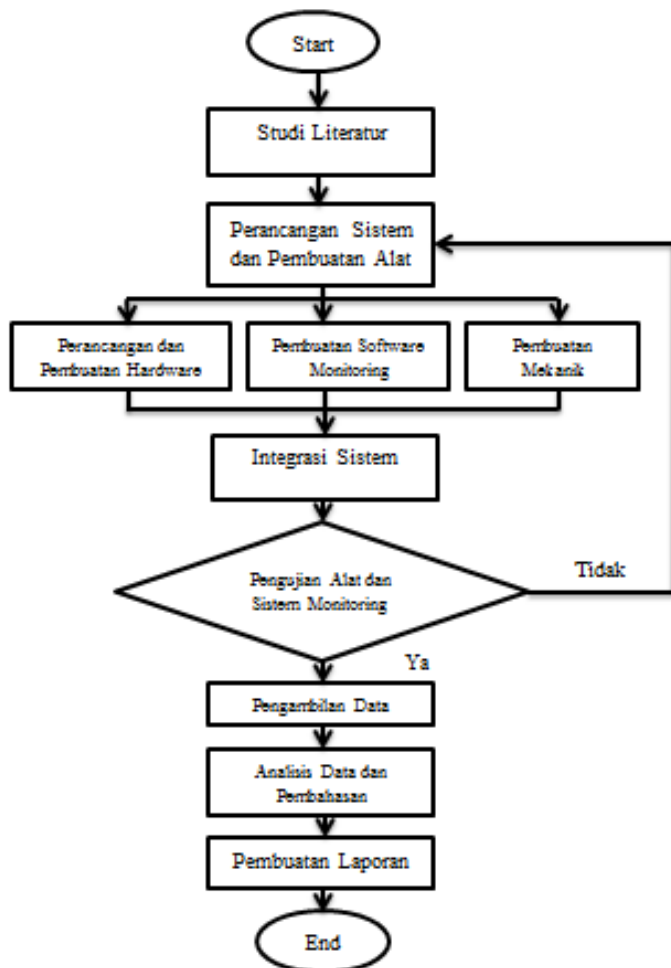
sehingga,

$$C_v = Q \sqrt{\frac{G}{\Delta P}} \quad (2.21)$$

BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM

Langkah–langkah dalam tugas akhir ini digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.1



Gambar 3.1. *Flowchart Metodologi*

Dengan adanya *flowchart* metodologi penelitian mengenai "Rancang Bangun Sistem Monitoring Laju Aliran Dengan Metode Perbedaan Tekanan Pada *Orifice Plate* Dengan Menggunakan Sensor MPX2010DP Berbasis Mikrokontroler Arduino" yang telah digambarkan, maka adapun penjelasan pada setiap langkah-langkah yang telah digambarkan adalah sebagai berikut :

3.1 Studi Literatur

Tahap awal pada *flowchart* ini dimulai dengan adanya studi literatur sebagai upaya pemahaman terhadap materi yang menunjang tugas akhir mengenai "Rancang Bangun Sistem Monitoring Laju Aliran Dengan Metode Perbedaan Tekanan Pada *Orifice Plate* Dengan Menggunakan Sensor MPX2010DP Berbasis Mikrokontroler Arduino". Studi literatur ini dilakukan dengan mencari dan mempelajari informasi dari *e-book* maupun manual *book* mengenai uji performansi suatu sensor yang diaplikasikan pada *orifice plate* dan pembuatan sistem monitoring dengan menggunakan komunikasi Visual Studio 2013.

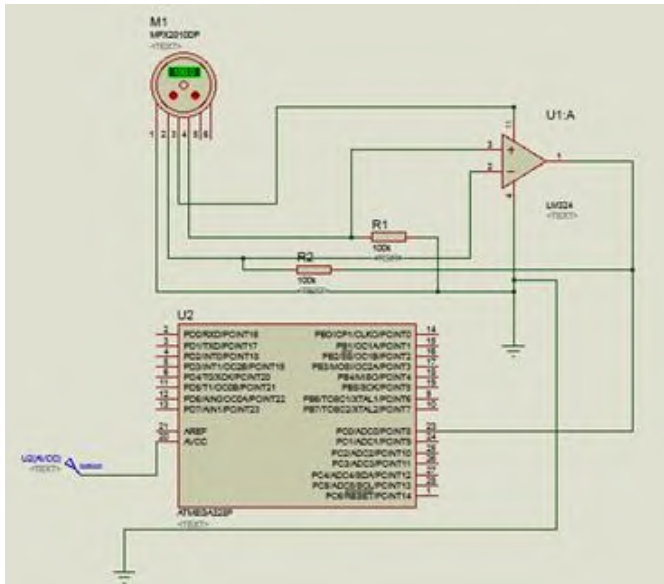
3.2 Perancangan Sistem dan Pembuatan Alat

Setelah melakukan studi literatur, selanjutnya adalah melakukan perancangan sistem dan pembuatan alat yang terdiri dari perancangan pembuatan *hardware*, pembuatan *software* monitoring, serta pembuatan mekanik. *Hardware* dan *software* yang telah dibuat kemudian diintegrasikan melalui mikrokontroler Arduino. Selanjutnya diintegrasikan dengan mekanik atau *plant* agar dapat memonitoring laju aliran dari perbedaan tekanan yang didapat.

3.2.1 Perancangan dan Pembuatan *Hardware*

Pada perancangan dan pembuatan *hardware* dimulai dari membuat rangkaian *amplifier* dan mengintegrasikannya dengan sensor MPX2010DP dan menghubungkannya dengan *arduino uno*, dimana *amplifier* berfungsi sebagai penguat agar tekanan yang didapat dari sensor dapat terbaca dengan baik oleh *arduino* yang berfungsi sebagai kontrolernya. Berikut merupakan konfigurasi

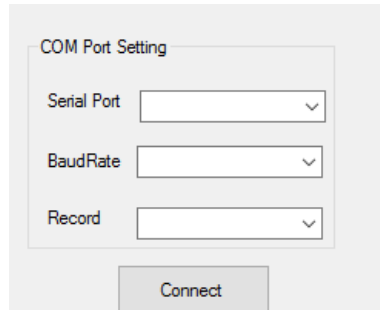
dari rangkaian *amplifier* dengan sensor tekanan MPX2010DP dan juga *Arduino uno*.



Gambar 3.2. Konfigurasi dari *Amplifier* dengan Sensor tekanan MPX2010DP dan *Arduino Uno*.

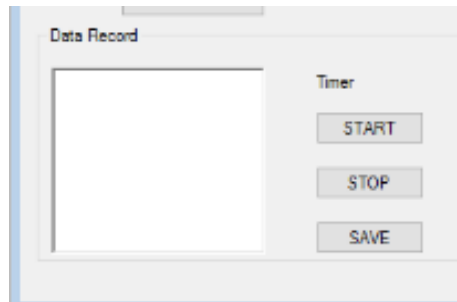
3.2.2 Pembuatan *Ssoftware Monitoring*

Pada pembuatan *software* untuk monitoring dimulai dari pemrograman atau pengkodean di *software Visual Studio 2013*. Langkah pertama adalah membuat pilihan inputan untuk serial COM pada *Arduino*. Berikut desain dari *input* untuk serial COM.



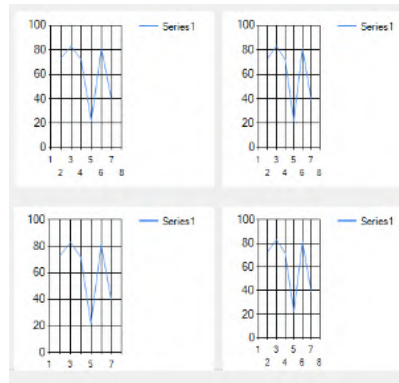
Gambar 3.3. Desain *Input Serial COM*

Pada data pengukuran terdapat beberapa inputan diantaranya yaitu tanggal, waktu, pilihan *setting time*, dan data *record* untuk hasil pengukuran yang didapat. Berikut desain yang akan ditampilkan.



Gambar 3.4. Desain Data Pengukuran

Langkah selanjutnya yaitu menampilkan grafik dari hasil pengukuran pada perbedaan tekanan (*differential Pressure*) dan Flowrate-nya. Dengan adanya grafik akan mempermudah pengguna dalam memahami respon dari hasil pengukuran yang telah dilakukan.



Gambar 3.5. Desain *Output* dari Respon Grafik

3.2.3 Pembuatan Mekanik

Pembuatan mekanik meliputi pembuatan sistem pada *hydraulic bench* dimana terdapat beberapa alat ukur yaitu *venturi meter*, *elbow*, *orifice*, *pitot tube*, serta rotameter yang saling terintegrasi.

Tabel 3.1 Keterangan spesifikasi alat

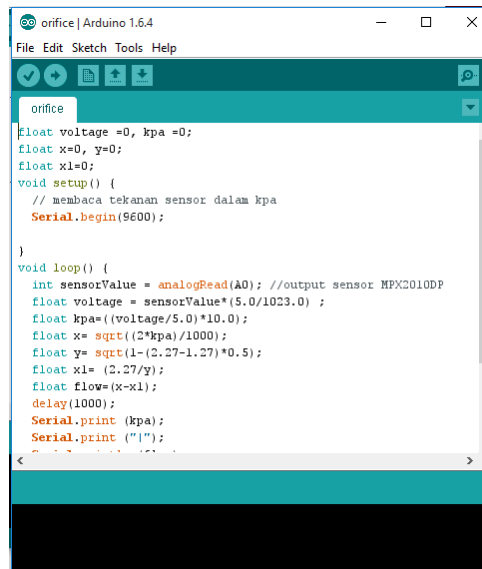
Kode	Keterangan	Spesifikasi
A	Pompa	Kapasitas 42 liter/menit
B	Tangki air	Kapasitas 60 liter
C	<i>Valve</i>	Manual, 1 inch
D	Pitot Tube	Diameter 16 mm
E	<i>Venturi meter</i>	Diameter inlet dan outlet 35 mm, diameter throat 17.5 mm
F	Rotameter	Range 0-18 liter/menit
G	Elbow tabs	45°
H	Orifice	Diameter lubang orifice 12.7 mm

		dengan sudut 45° , tebal plat 5 mm
I	Akrilik	$d_{\text{dalam}} = 3,1\text{mm}$; $d_{\text{luar}} = 3,5\text{mm}$

Orifice Plate mengukur laju aliran air dengan perbedaan tekanan dimana terdapat diameter sebesar 1,27 cm dengan sudut 45° , sehingga ketika fluida mengalir maka aliran tersebut akan di mampatkan melewati lubang orifice.

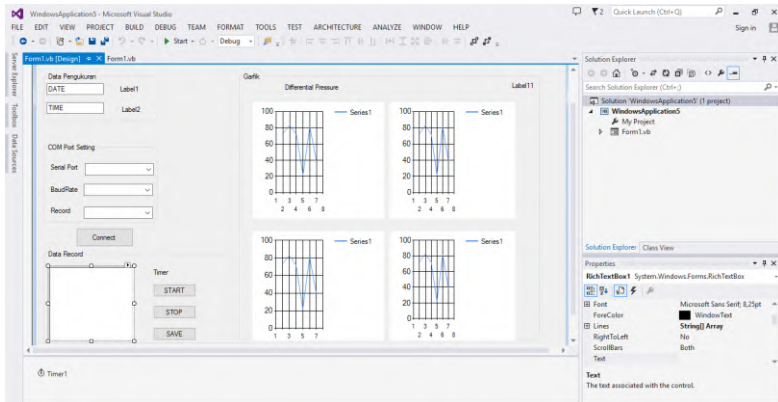
3.3 Integrasi

Pengintegrasian ini dilakukan agar antara hardware, *software* dan rancang bangun mekanik dapat menjadi satu kesatuan ketika alat difungsikan. Langkah awal yaitu dengan mengintegrasikan hardware yang berupa *amplifier*, sensor MPX2010DP dan juga *arduino* dengan rancang bangun pada *plant* untuk mengukur aliran pada setiap alat ukur untuk diketahui perbedaan tekanannya.



Gambar 3.6. Tampilan pada Arduino

Setelah itu, *arduino* akan dihubungkan dengan *software visual basic 2013* untuk tampilan yang lebih mudah dimengerti oleh pengguna. Berikut tampilan pengukuran pada *visual basic 2013*.



Gambar 3.7. Interface pengukuran dalam Visual Basic 2013

3.4 Pengujian Alat dan Sistem Monitoring

Sistem monitoring laju aliran pada *plant* pengukuran aliran terlebih dulu dirangkai dengan rangkaian *amplifier* dan sensor. Selanjutnya dilakukan percobaan sederhana. Pada sistem pengukuran aliran diuji coba dengan cara menyalakan pompa kemudian air akan mengalir secara laminar menuju lubang *orifice*. Pada *orifice plate* air mengalir melalui dua sisi yaitu pada lubang *upstream* dan *downstream*. Lubang *upstream* akan mengukur tekanan *high* dan lubang *updownstream* akan mengukur tekanan *low*, dimana kedua lubang tersebut terhubung dengan ke dua kaki sensor untuk diukur tekanan yang ada dalam aliran tersebut. Dengan diukurnya tekanan pada kedua sisi lubang pada *orifice* maka didapatkan perbedaan tekanan, sehingga dapat diketahui pula kecepatan aliran dan *flowrate* yang mengalir pada *orifice plate* tersebut. Untuk rangkaian mekanik dilakukan uji coba dengan mengalirkan air ke pipa yang telah terpasang dengan beberapa alat ukur aliran yaitu *pitot tube*, *venturi meter*, *rotameter*, *elbow tabs*, dan *orifice*. Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui ada atau

tidaknya kebocoran pada pipa dan berfungsi tidaknya rotameter sebagai kalibrator untuk alat ukur yang diuji. Apabila semua rancang bangun dan sistem monitoring laju aliran dapat bekerja dengan baik, maka selanjutnya dilakukan pengambilan data pada *orifice plate*.

3.5 Pengambilan Data

Pada tahap pengambilan data untuk karakteristik statik dan kalibrasi merupakan tahap dimana melihat spesifikasi yang dimiliki oleh sistem monitoring yang telah dibuat, dengan adanya data tersebut dapat diketahui performansi sistem monitoring. Pada karakteristik statik alat yang dicari yaitu nilai range, span, resolusi, sensitivitas, non-linieritas, histeresis, serta akurasi. Sedangkan untuk data kalibrasi digunakan untuk mencari nilai ketidakpastian dari hasil pengukuran ketika menggunakan perangkat sistem monitoring arus dan tegangan *input-output* ini. Berikut merupakan langkah-langkah pengambilan data karakteristik statik :

- Nilai *range*, *span*, dan resolusi sistem monitoring dicatat sesuai spesifikasi sensor arus dan tegangannya.
- Nilai sensitivitas ditentukan dengan rumus :

$$\text{Sensitivitas} = \frac{\Delta O}{\Delta I} \quad (3.1)$$

- Nilai linieritas dengan rumus linieritas :

$$O - O_{min} = \left[\frac{O_{maks} - O_{min}}{I_{maks} - I_{min}} \right] (I - I_{min}) \quad (3.2)$$

$$O_{ideal} = KI + a \quad (3.3)$$

Dimana :

$$K = \text{Kemiringan garis lurus ideal} = \frac{O_{maks} - O_{min}}{I_{maks} - I_{min}}$$

$$a = \text{Koefisien garis lurus ideal} = O_{min} - KI_{min}$$

- Histerisis ditentukan dengan melakukan pengambilan data input naik dan turun, dengan persamaan histerisis :

$$H(I) = O(I)_{I\downarrow} - O(I)_{I\uparrow} \quad (3.4)$$

$$\% \text{ Maksimum histerisis} = \frac{H}{O_{max} - O_{min}} \times 100\% \quad (3.5)$$

- Nilai akurasi ditentukan dari pembacaan alat dengan pembacaan standar, nilai akurasi ditentukan dari nilai kesalahan akurasi dengan persamaannya, yaitu :

$$A = 1 - \left| Rata - Rata \frac{(\text{pemb.std} - \text{pemb.alat})}{\text{pembacaan std}} \right| \quad (3.6)$$

3.6 Analisis Data dan Pembahasan

Setelah pembuatan rancangan telah selesai dengan hasil yang sesuai dengan yang di inginkan, kemudian dilakukan analisa data dengan memanfaatkan hasil dari uji performansi dan sistem monitoring.

3.7 Penulisan Laporan

Setelah semua hasil yang diinginkan tercapai kemudian semua hasil mulai dari studi literatur sampai dengan analisa data dan kesimpulan dicantumkan dalam sebuah laporan.

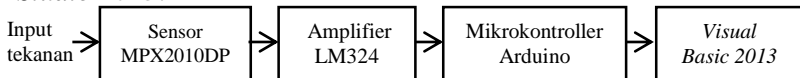
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV ANALISA DATA

4.1 Analisa Data

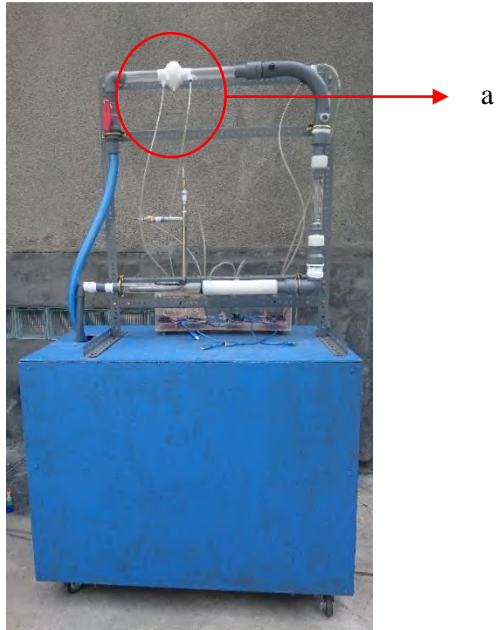
4.1.1. Hasil Rancang Bangun

Berikut Gambar 4.1 merupakan diagram blok dari sistem pengukuran dan monitoring laju aliran dengan metode perbedaan tekanan pada *pitot tube* menggunakan sensor MPX2010DP berbasis mikrokontroller Arduino dan tampilan *Microsoft Visual Studio 2013*.

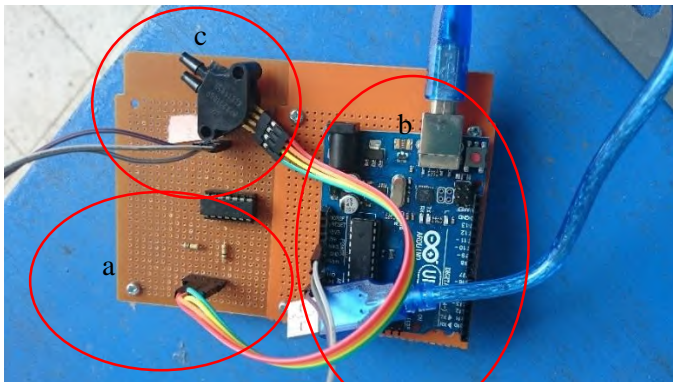


Gambar 4.1. Diagram blok sistem pengukuran laju aliran pada *Orifice plate*

Berdasarkan diagram blok pada Gambar 4.1, tekanan yang masuk akan terukur oleh sensor MPX2010DP dimana sensor mengeluarkan *output* tegangan analog, sehingga diperlukan nilai konversi dari nilai tegangan (V) menjadi nilai *pressure* (kPa) dengan menggunakan mikrokontroller arduino. Karena nilai yang keluar dari sensor kecil, maka sebelum masuk ke mikrokontroller akan dikuatkan terlebih dahulu oleh amplifiier LM324. Setelah mikrokontroller sudah membaca nilai sesuai yang diinginkan, maka nilai pengukuran dapat ditampilkan melalui *Visual Studio 2013* yang berfungsi sebagai *interface*-nya. Berikut Gambar 4.2 yang merupakan rancang bangun sistem pengukuran laju aliran pada *orifice plate* (a).



Gambar 4.2. Rancang bangun sistem pengukuran laju aliran pada Orifice plate (a)



Gambar 4.3. Konfigurasi rangkaian monitoring, rangkaian amplifier(a), mikrokontroler *arduino uno* (b), sensor MPX2010DP (c)

4.1.2. Rancang Bangun Alat Pengukuran Aliran

a. Pengujian Alat

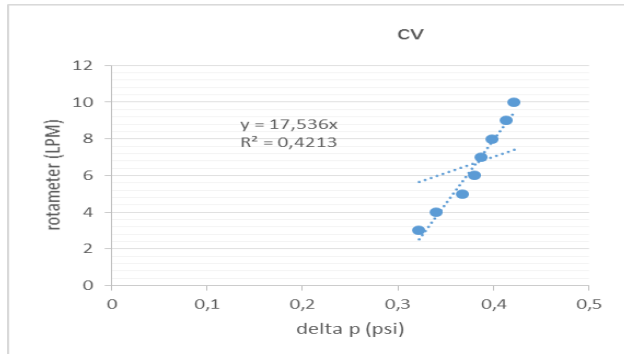
Setelah dilakukan perancangan alat, dilakukan pengujian alat dengan mencari data pengujian dari *input* dan *output* alat sebagai nilai pengonversi dari nilai keluaran sensor menjadi nilai yang sesuai dengan besaran fisis yang diukur. Pengujian pembacaan tekanan dilakukan pada rentang 3LPM - 10 LPM. Pembacaan dilakukan dengan kenaikan 1 LPM dengan pengambilan data sebanyak 10 kali. Hasil y regresi antara alat standar (rotameter) dengan rata-rata tekanan yang dihasilkan alat uji akan dijadikan nilai koefisien dari orifice plate. Berikut ini data yang diperoleh dari pengujian alat, dan grafiknya pada Gambar 4.5.

Tabel 4.1. Data pengujian alat pada pengukuran Tekanan

No.	Rotameter (LPM)	ΔP Pembacaan Alat (Psi)					Rata-rata ΔP (Psi)
		1	2	3	4	5	
1	3	0,322	0,322	0,325	0,32	0,326	0,3218
2	4	0,34	0,343	0,342	0,34	0,342	0,339
3	5	0,364	0,366	0,37	0,371	0,363	0,37
4	6	0,374	0,377	0,374	0,381	0,377	0,3803
5	7	0,388	0,386	0,378	0,386	0,378	0,3868
6	8	0,398	0,401	0,401	0,400	0,398	0,3985
7	9	0,413	0,414	0,411	0,414	0,413	0,4138
8	10	0,422	0,422	0,422	0,421	0,421	0,4217

*data ΔP pada pembacaan alat yang ditampilkan hanya sample dan akan dilampirkan pada halaman lampiran

Berdasarkan data pengujian alat dari hasil pengukuran tekanan menghasilkan nilai C_v sebagai berikut :



Gambar 4.4. Grafik Nilai C_v dari ΔP pembacaan alat dengan alat ukur standar.

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa nilai C_v dari alat ukur orifice plate adalah $C_v = y = 17,536x$. Dari nilai C_v yang didapat maka dapat diketahui nilai flowrate dengan rumus $Q = \sqrt{C_v \times \Delta P}$, dimana nilai tersebut dapat dijadikan nilai standart pada alat ukur orifice plate.

Pada tabel 4.2. berikut ini menunjukkan nilai standar *flowrate* dari *flowmeter* yang dijadikan acuan untuk pengukuran *flowrate*. Pada pengukuran *flowmeter* terdapat 2 pembacaan yaitu f_1 dan f_2 , dimana f_1 merupakan nilai awal yang terbaca pada *flowmeter* sebelum dialiri air, sedangkan f_2 merupakan nilai yang didapat setelah *flowmeter* dialiri air. Sehingga untuk mengetahui nilai *flowrate*-nya maka dapat dikurangkan antara f_1 dan f_2 . Dari hasil pengukuran *flowmeter* tersebut, setara dengan standar *flowrate* yang terbaca dengan menggunakan sensor. Sehingga hasil *flowrate* yang terbaca tersebut yang dijadikan standar saat pengambilan data untuk pengukuran aliran *orifice plate*.

Tabel 4.2. Data nilai standart pada orifice plate

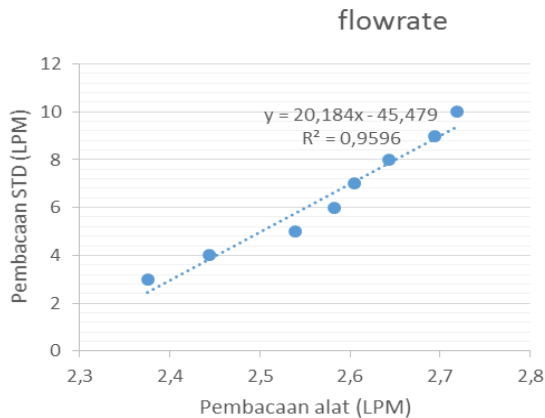
No.	Rotameter (LPM)	Ketinggian cm	Pembacaan Flowmeter (m3/menit)		Pembacaan Standart (flowmeter = f1-f2) m3/menit	Pembacaan STD flowmeter (LPM)	STD flowrate yang terbaca (LPM)
			f1	f2			
1	3	25	1,3522	1,3501	0,0021	2,1	2,3755
2	4	30	1,3532	1,3509	0,0023	2,3	2,4435
3	5	35	1,3541	1,3517	0,0024	2,4	2,5389
4	6	40	1,3553	1,3528	0,0025	2,5	2,5824
5	7	45	1,3569	1,3543	0,0026	2,6	2,6044
6	8	50	1,3597	1,3571	0,0026	2,6	2,6435
7	9	55	1,3609	1,3582	0,0027	2,7	2,6937
8	10	60	1,3631	1,3602	0,0029	2,9	2,7193

Setelah didapatkan nilai standar pada pengukuran *flowrate*, maka dapat dilakukan pengujian alat untuk nilai *flowrate* pada *orifice plate* yaitu pada Tabel 4.3 sebagai berikut

Tabel 4.3. Data pengujian alat pada pengukuran flowrate

No	Rotameter (LPM)	Flowrate STD (LPM)	Pembacaan Alat		Rata-rata (LPM)	Error
			Naik (LPM)	Turun (LPM)		
1	3	2,375518	2,824	3,025	2,9245	-
2	4	2,443565	2,867	2,9497	2,90835	-
3	5	2,538943	2,9205	2,9075	2,914	-
4	6	2,582429	2,9502	2,8805	2,91535	-

5	7	2,604405	2,977	2,8239	2,90045	-
6	8	2,643501	3,0115	2,7762	2,89385	-
7	9	2,69377	3,025	2,7151	2,87005	-
8	10	2,719362	3,03	2,6319	2,8297	-



Gambar 4.5. Grafik pembacaan alat dan pembacaan standar.

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa persamaan pengujian dari alat yang dibandingkan dengan alat ukur yang standar, dimana persamaan yang muncul akan dipakai dalam *programming* arduino. Persamaan grafik pengujian flowrate yaitu $y = 20.184x + 45.479$ dimana y sebagai nilai dari pembacaan alat standar dan x merupakan nilai pembacaan alat.

4.1.3. Data Spesifikasi Alat

Dalam melakukan pengujian alat diambil banyak data untuk menentukan spesifikasi alat ukur flowrate yang dibuat. Data

diambil yaitu dengan range laju aliran minimum 3 LPM dan maksimum 10 LPM dalam pembacaan naik maupun turun. Berikut data yang didapat untuk mengetahui karakteristik alat ukur yang telah dirancang :

Tabel 4.4. Pengujian karakteristik alat ukur laju aliran orifice plate

Rotameter (LPM)	standar (LPM)	uji alat (LPM)		Beda hysteresis	Oideal	non linieritas
		naik	turun			
3	2,3755178	2,824	3,025	0,2010	2,8240	0
4	2,44356461	2,867	2,9497	0,0827	2,8643	0,002727356
5	2,5389434	2,9205	2,9075	0,0130	2,9207	0,000221374
6	2,58242924	2,9502	2,8805	0,0697	2,9465	0,003742081
7	2,60440488	2,977	2,8239	0,1531	2,9595	0,017536077
8	2,64350071	3,0115	2,7762	0,2353	2,9826	0,028897708
9	2,69377	3,025	2,7151	0,3099	3,0124	0,012646467
10	2,71936228	3,0275	2,6319	0,3956	3,0275	0
Jumlah	20,6014929	23,6027	22,7098	0,3956		0,028897708
rata2	2,57518662	2,9503375	2,838725			

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakterisitik static laju aliran berdasarkan data pada tabel 4.4. :

- Sensitivitas (dari data pengujian alat) = $\frac{\Delta O}{\Delta I}$

$$= \frac{2,719 - 2,375}{3,02 - 2,82} = 1,72 \text{ LPM}$$
- Non – Linieritas ($N(I)$) = $O(I) - (KI + a)$
 * (berdasarkan data naik)

Non – Linieritas maksimum per unit

$$= \frac{\hat{N}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

Dimana :

$$K \text{ (sensitifitas)} = \frac{\Delta O}{\Delta I} = \frac{2,719 - 2,375}{3,02 - 2,82} = 1,72$$

$$\begin{aligned}
 a \text{ (zero bias)} &= O_{min} - KI_{min} \\
 a &= 1,41808 - (0,5918 \times 2.375) \\
 a &= 0.0125
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 \text{Non - Linieritas maks. per unit} \\
 &= \frac{0,0289}{3,0275 - 2,824} \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$\text{Non - Linieritas} = 14,20\%$$

- Keakurasian

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 A &= 1 - \left| \frac{2,575 - 2,95}{2,575} \right| \times 100\% \\
 A &= 11,4\%
 \end{aligned}$$

- Histeresis :

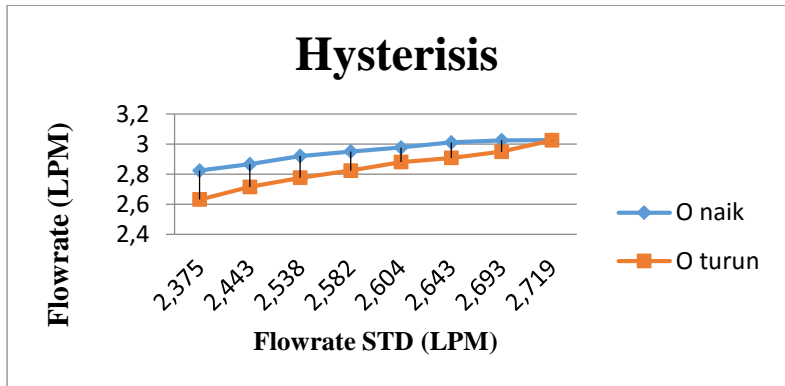
$$H(I) = O(I)_{I\downarrow} - O(I)_{I\uparrow}, \widehat{H} = H(I)_{max} \text{ sehingga :}$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{\widehat{H}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{0,3956}{3,0275 - 2,824} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{0,3956}{0,2035} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = 19,39 \%$$



Gambar 4.6. Grafik Histerisis

- Error
- $e = 1 - A$
- $e = 1 - 0,780$
- $e = 0,22$

Sehingga menghasilkan nilai :

- Range : 2,3 LPM – 2,6LPM
- Span : 0.3148 LPM
- Resolusi : 0,0001
- Sensitivitas (K) : 1,72 LPM
- Maksimum non-linieritas : 0,0289
- Non-Linieritas : 14,200%
- Histeresis : 19,398%
- Akurasi : 85,43%
- Kesalahan (*error*) : 0,015%

4.1.4 Data Kalibrasi Alat Ukur Laju Aliran

Setalah mengetahui spesifikasi alat ukur, selanjutnya dilakukan kalibrasi alat ukur laju aliran dengan membandingkan dengan nilai standar yang diperoleh dari perhitungan perbedaan tekanan. Data kalibrasi diambil sebanyak 8 titik (3LPM – 10LPM)

dengan pengambilan 10 data. Berikut pengambilan data kalibrasi alat ukur suhu panel

Tabel 4.5. Data kalibrasi Alat Ukur Laju Aliran

No.	Pembacaan Standart (t)	Rata-Rata	Koreksi (y)	Yreg	Residu	R2
1	2,375517796	2,824	-0,4485	-0,449256	0,000774	5,9949E-07
2	2,443564609	2,867	-0,423435391	-0,424001	0,000566	3,2037E-07
3	2,538943402	2,9205	-0,381556598	-0,388602	0,007046	4,9642E-05
4	2,582429244	2,9502	-0,367770756	-0,372463	0,004692	2,2016E-05
5	2,604404884	2,977	-0,372595116	-0,364307	-0,00829	6,8697E-05
6	2,643500709	3,0115	-0,367999291	-0,349797	-0,0182	0,00033134
7	2,693769998	3,025	-0,331230002	-0,33114	-9E-05	8,1813E-09
8	2,719362278	3,0275	-0,308137722	-0,321641	0,013503	0,00018234
Jumlah	20,6015	23,6027	-3,001207079			
Rata-	2,575186615	2,95034	-0,375150885			

Berikut merupakan perhitungan ketidakpastian alat ukur berdasarkan tabel 4.5.

- Nilai ketidakpastian tipe A :

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}}{n - 1}$$

Dimana :

$$\sigma = 0,04516$$

Sehingga nilai ketidakpastian tipe A adalah :

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$U_{a1} = \frac{0,04516}{\sqrt{8}} = 0,01596$$

- Sedangkan nilai ketidakpastian regresi U_{a2} adalah

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}}$$

Dimana :

SSR (*Sum Square Residual*) = ΣSR (*Square Residual*)

$SR = R^2$ (*Residu*)

Y_i (Nilai koreksi) = Pemb. standar (t_i) – Pemb. alat (x_i)

$$Y_{reg} = a + (b \times t_i)$$

$$a = \bar{y}_i + (b \times \bar{t}_i)$$

$$b = \frac{n \cdot \Sigma t_i y_i - \Sigma y_i \cdot \Sigma t_i}{n \cdot \Sigma t_i^2 - (\Sigma t_i)^2}; \quad t_i = \text{Pemb. standar},$$

y_i = Nilai koreksi, n = Jumlah data

$$b = \frac{(8 \times (-7,6919)) - ((-3,0012) \times 20,615)}{(8 \times 53,156) - (20,615)^2}$$

$$b = 0,371142$$

Sehingga nilai :

$$a = -0,3751 + (0,3711 \times 2,5751)$$

$$a = -1,3309$$

Jadi, persamaan regresi menjadi

$$Y_{reg} = (-1,3309) + (t_i \times 0,3711)$$

Yang menghasilkan nilai $SSR = 0,000134$

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{0,00065}{8-2}}$$

$$U_{a2} = \mathbf{0,01044}$$

- Nilai ketidakpastian tipe B

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{1}{2} \times 0,0001}{\sqrt{3}} = 0,000025$$

dikarenakan pada alat standar tidak terdapat sertifikat kalibrasinya maka dianggap 2% dari nilai maksimum pada alat standar dibagi 2:

$$U_{B2} = \frac{2\% \times 2,719}{2}$$

$$U_{B2} = 0,0271$$

- Nilai ketidakpastian kombinasi U_c :

$$U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2}$$

$$U_c = \sqrt{0,01596^2 + 0,01044^2 + 0 + 0,0271^2}$$

$$U_c = 0,332$$

Dengan kondisi V atau derajat kebebasan dari kedua tipe ketidakpastian, sebagai berikut :

$V = n-1$, sehingga :

$V1 = 7$; $V2 = 7$; $V3 = \infty$; $V4 = 60$ (berdasarkan table T)

Dengan nilai V_{eff} (Nilai derajat kebebasan efektif) sebagai berikut :

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4 / v_i}$$

$$V_{eff} = \frac{(0,332)^4}{(0,00969)^4 / 7 + (0,00473)^4 / 7 + 0 + (0,03275)^4 / 60}$$

$$V_{eff} = 61$$

Hasil dari nilai V_{eff} digunakan untuk menentukan nilai faktor cakupan k pada tabel T-student. Berdasarkan nilai $V_{eff} = 61$ dan dengan tingkat kepercayaan 95 % maka didapat nilai K sebesar 1,667. Dan didapat nilai ketidakpastian sebagai berikut :

$$U_{exp} = k \times U_c$$

$$U_{exp} = 1,667 \times 0,332 = 0,553$$

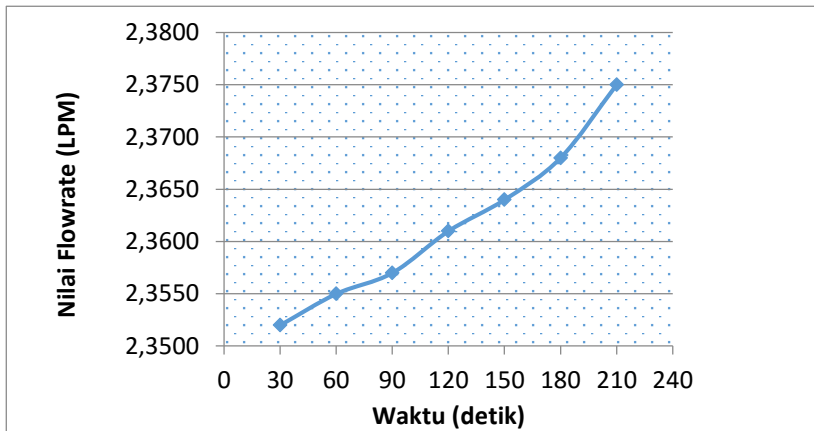
4.1.5 Karakteristik Dinamik Laju Aliran Pada Orifie Plate

Berikut tabel 4.6. merupakan data hasil uji laju aliran berdasarkan sampling waktu dan *range* pengukuran yang berbeda-beda.

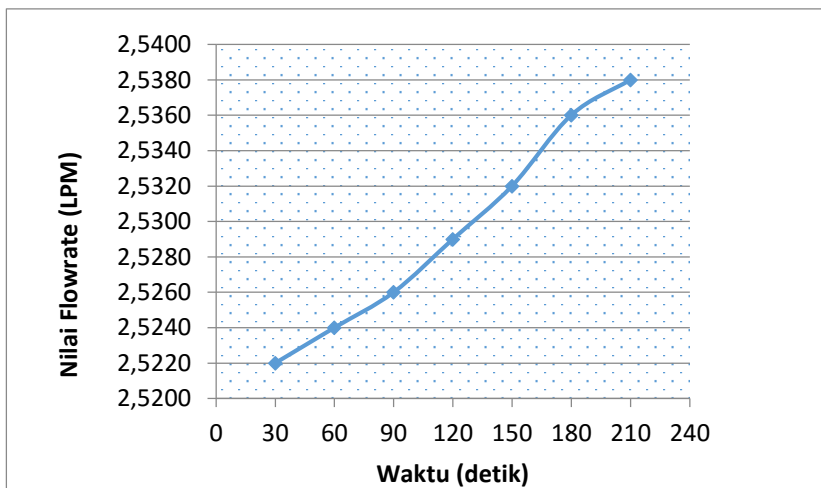
Tabel 4.6. Hasil Uji Sampling Data Setiap 30 detik

No	Range Ukur (Rotameter) LPM	Sampling			Delay (s)
		30 detik			
		Flowrate (LPM)	Tanggal	Waktu	
1	3 LPM	2,3520	16/07/2016	15:05:03	30 detik
		2,355	16/07/2016	15:05:36	33 detik
		2,357	16/07/2016	15:06:09	33 detik
		2,361	16/07/2016	15:06:42	33 detik
		2,364	16/07/2016	15:07:15	33 detik
		2,368	16/07/2016	15:07:48	33 detik
		2,375	16/07/2016	15:08:21	-
2	5 LPM	2,5220	16/07/2016	15:10:02	30 detik
		2,524	16/07/2016	15:10:35	33 detik
		2,526	16/07/2016	15:11:08	33 detik
		2,529	16/07/2016	15:11:41	33 detik
		2,532	16/07/2016	15:12:14	33 detik
		2,536	16/07/2016	15:12:47	33 detik
		2,538	16/07/2016	15:13:20	-
3	7 LPM	2,5890	16/07/2016	15:14:01	30 detik
		2,592	16/07/2016	15:14:34	33 detik
		2,594	16/07/2016	15:15:07	33 detik
		2,596	16/07/2016	15:15:40	33 detik
		2,599	16/07/2016	15:16:13	33 detik
		2,602	16/07/2016	15:16:46	33 detik
		2,604	16/07/2016	15:17:19	-

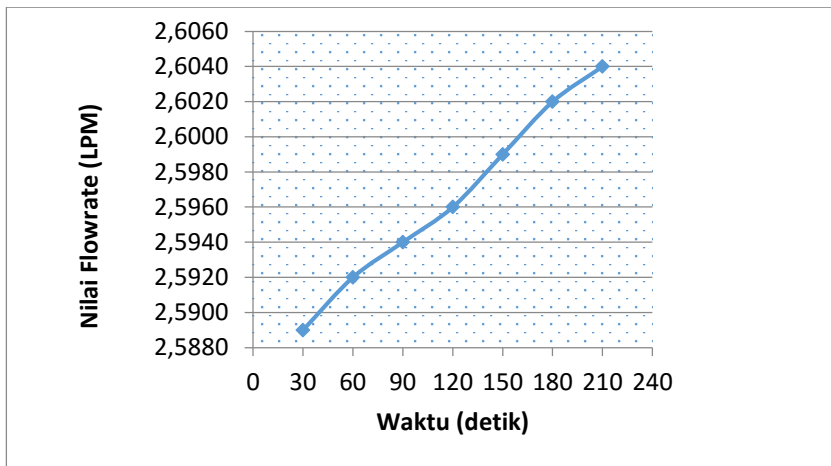
Berikut ini adalah grafik dari tabel diatas :



Gambar 4.7. Grafik *Flowrate* dengan sampling 30 detik dan *Range* Ukur Rotameter 3 LPM



Gambar 4.8. Grafik *Flowrate* dengan sampling 30 detik dan *Range* Ukur Rotameter 5 LPM



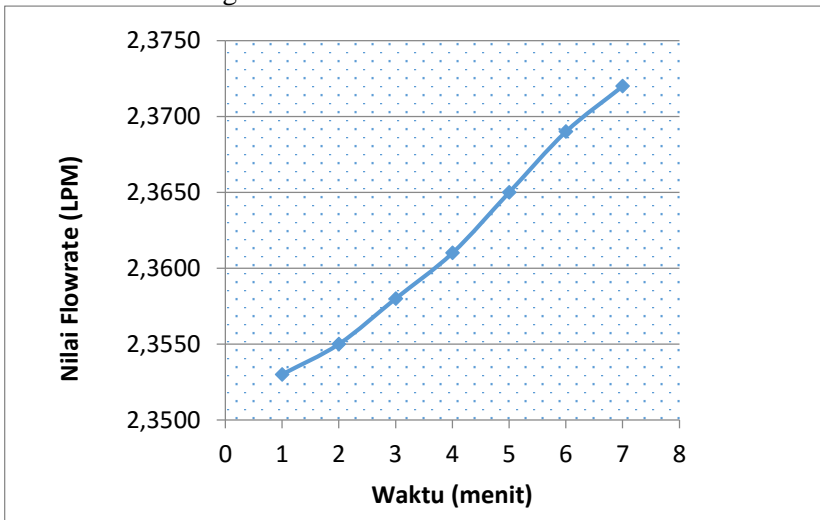
Gambar 4.9. Grafik Flowrate dengan sampling 30 detik dan Range Ukur Rotameter 7 LPM

Tabel 4.7. Hasil Uji Sampling Data Setiap 1 Menit

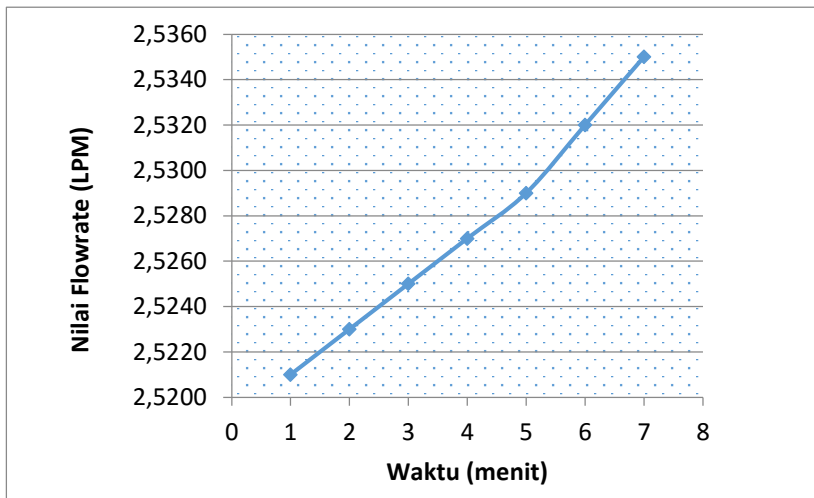
No	Range Ukur (Rotameter) LPM	Sampling			Delay (m:s)
		1 menit			
		Flowrate (LPM)	Tanggal	Waktu	
1	3 LPM	2,3530	16/07/2016	16:05:21	1 m
		2,355	16/07/2016	16:06:24	1m ,3 detik
		2,358	16/07/2016	16:07:27	1m ,3 detik
		2,361	16/07/2016	16:08:30	1m ,3 detik
		2,365	16/07/2016	16:09:33	1m ,3 detik
		2,369	16/07/2016	16:10:36	1m ,3 detik
		2,372	16/07/2016	16:11:39	-
2	5 LPM	2,5210	16/07/2016	16:15:11	1 m
		2,523	16/07/2016	16:16:14	1 m ,3 detik
		2,525	16/07/2016	16:17:17	1 m ,3 detik
		2,527	16/07/2016	16:18:20	1 m ,3 detik

		2,529	16/07/2016	16:19:23	1 m ,3 detik
		2,532	16/07/2016	16:20:26	1 m ,3 detik
		2,535	16/07/2016	16:21:29	-
3	7 LPM	2,5880	16/07/2016	16:25:12	1 m
		2,592	16/07/2016	16:26:15	1 m ,3 detik
		2,595	16/07/2016	16:27:18	1 m ,3 detik
		2,597	16/07/2016	16:28:21	1 m ,3 detik
		2,599	16/07/2016	16:29:24	1 m ,3 detik
		2,602	16/07/2016	16:30:27	1 m ,3 detik
		2,605	16/07/2016	16:31:30	-

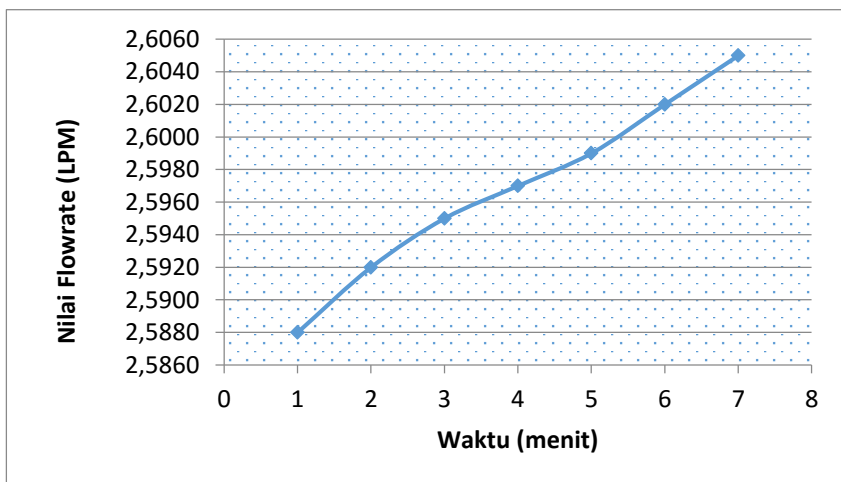
Berikut ini adalah grafik dari tabel diatas :



Gambar 4.10. Grafik Flowrate dengan sampling 1 menit dan *Range* Ukur Rotameter 3 LPM



Gambar 4.11. Grafik Flowrate dengan sampling 1 menit dan *Range* Ukur Rotameter 5 LPM

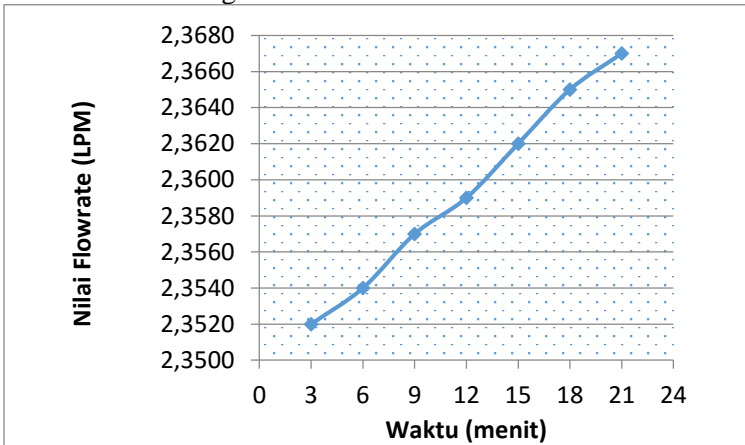


Gambar 4.12. Grafik Flowrate dengan sampling 1 menit dan *Range* Ukur Rotameter 7 LPM

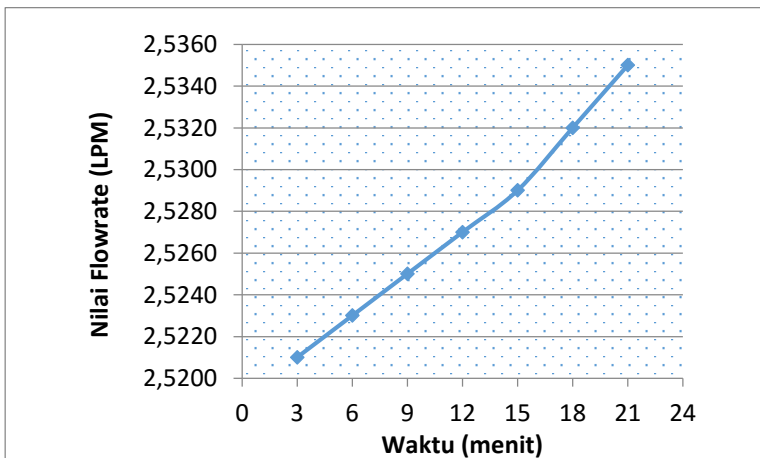
Tabel 4.8. Hasil Uji Sampling Data Setiap 3 Menit

No	Range Ukur (Rotameter) LPM	Sampling			Delay (m:s)
		3 menit			
		Flowrate (LPM)	Tanggal	Waktu	
1	7 LPM	2,3520	16/07/2016	16:35:11	3 m
		2,354	16/07/2016	16:38:14	3m ,3 detik
		2,357	16/07/2016	16:41:17	3m ,3 detik
		2,359	16/07/2016	16:44:20	3m ,3 detik
		2,362	16/07/2016	16:47:23	3m ,3 detik
		2,365	16/07/2016	16:50:26	3m ,3 detik
		2,367	16/07/2016	16:53:29	-
2	9 LPM	2,5210	16/07/2016	17:01:05	3 m
		2,523	16/07/2016	17:04:08	3 m ,3 detik
		2,525	16/07/2016	17:07:11	3 m ,3 detik
		2,527	16/07/2016	17:10:14	3 m ,3 detik
		2,529	16/07/2016	17:13:17	3 m ,3 detik
		2,532	16/07/2016	17:16:20	3 m ,3 detik
		2,535	16/07/2016	17:19:23	-
3	11 LPM	2,5890	16/07/2016	17:22:12	3 m
		2,592	16/07/2016	17:25:15	3 m ,3 detik
		2,596	16/07/2016	17:28:18	3 m ,3 detik
		2,598	16/07/2016	17:31:21	3 m ,3 detik
		2,601	16/07/2016	17:34:24	3 m ,3 detik
		2,603	16/07/2016	17:37:27	3 m ,3 detik
		2,606	16/07/2016	17:40:30	-

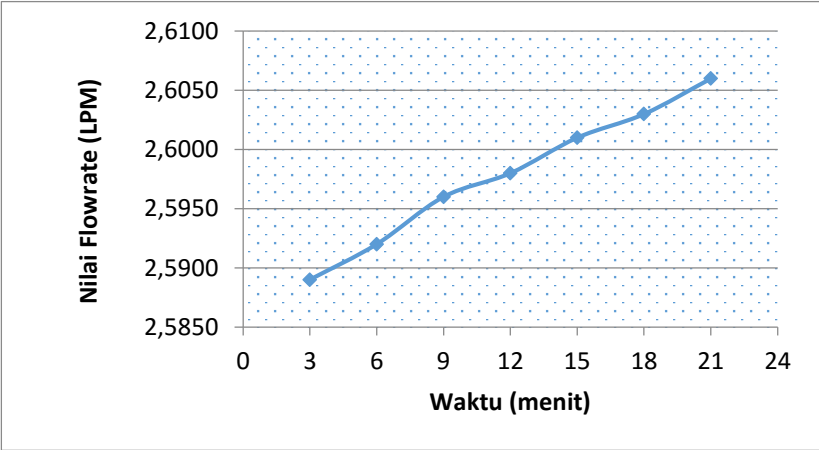
Berikut ini adalah grafik dari tabel diatas :



Gambar 4.13. Grafik Flowrate dengan sampling 3 menit dan *Range* Ukur Rotameter 3 LPM



Gambar 4.14. Grafik Flowrate dengan sampling 3 menit dan *Range* Ukur Rotameter 5 LPM



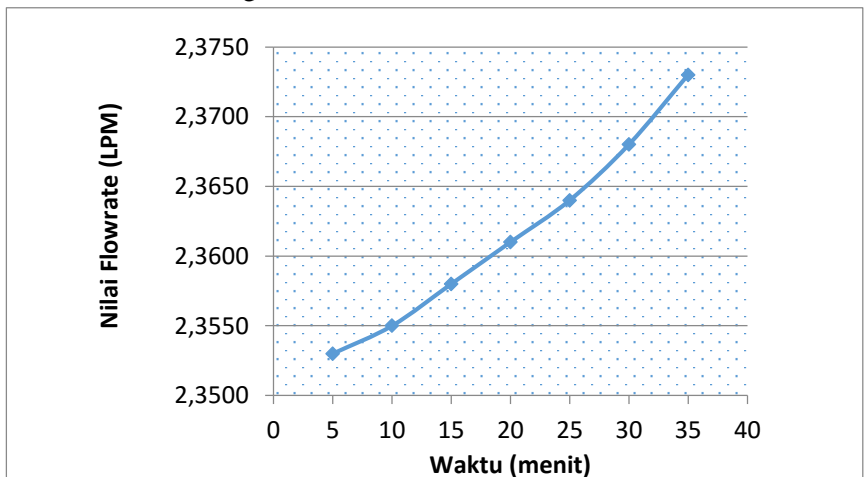
Gambar 4.15. Grafik Flowrate dengan sampling 3 menit dan *Range* Ukur Rotameter 7 LPM

Tabel 4.9. Hasil Uji Sampling Data Setiap 5 Menit

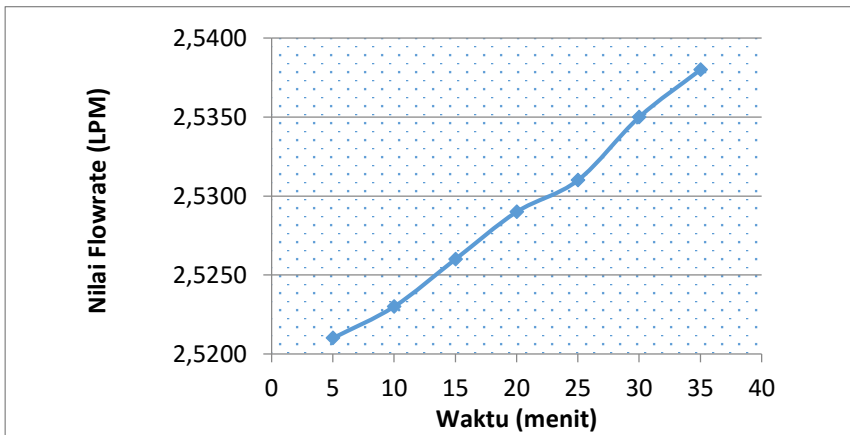
No	Range Ukur (Rotameter) LPM	Sampling			Delay (m:s)
		5 menit			
		Flowrate (LPM)	Tanggal	Waktu	
	3 LPM	2,3530	16/07/2016	19:01:05	5 m
		2,355	16/07/2016	19:06:08	5m ,3 detik
		2,358	16/07/2016	19:11:11	5m ,3 detik
		2,361	16/07/2016	19:16:14	5m ,3 detik
		2,364	16/07/2016	19:21:17	5m ,3 detik
		2,368	16/07/2016	19:26:20	5m ,3 detik
		2,373	16/07/2016	19:31:23	-
		2,523	16/07/2016	19:40:04	5 m ,3 detik
		2,526	16/07/2016	19:45:07	5 m ,3 detik

		2,529	16/07/2016	19:50:10	5 m ,3 detik
		2,531	16/07/2016	19:55:13	5 m ,3 detik
		2,535	16/07/2016	20:00:16	5 m ,3 detik
		2,538	16/07/2016	20:05:19	-
3	7 LPM	2,5880	16/07/2016	20:06:04	5 m
		2,592	16/07/2016	20:11:07	5 m ,3 detik
		2,594	16/07/2016	20:16:10	5 m ,3 detik
		2,597	16/07/2016	20:21:13	5 m ,3 detik
		2,599	16/07/2016	20:26:16	5 m ,3 detik
		2,601	16/07/2016	20:31:19	5 m ,3 detik
		2,604	16/07/2016	20:36:22	-

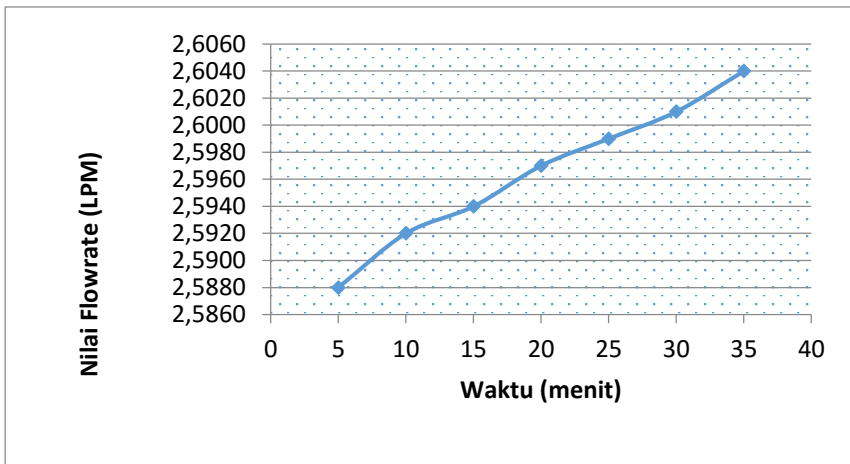
Berikut ini adalah grafik dari tabel diatas :



Gambar 4.16. Grafik Flowrate dengan sampling 5 menit dan Range Ukur Rotameter 3 LP



Gambar 4.17. Grafik Flowrate dengan sampling 5 menit dan *Range* Ukur Rotameter 5 LPM

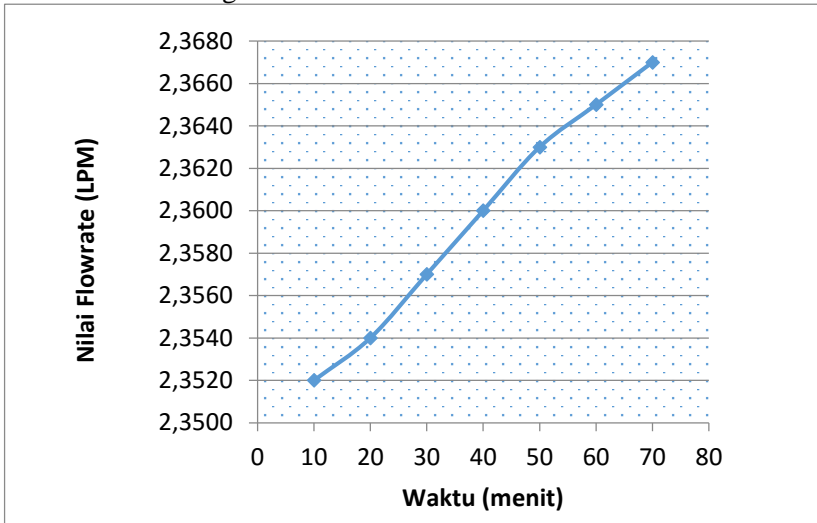


Gambar 4.18. Grafik Flowrate dengan sampling 5 menit dan *Range* Ukur Rotameter 7 LPM

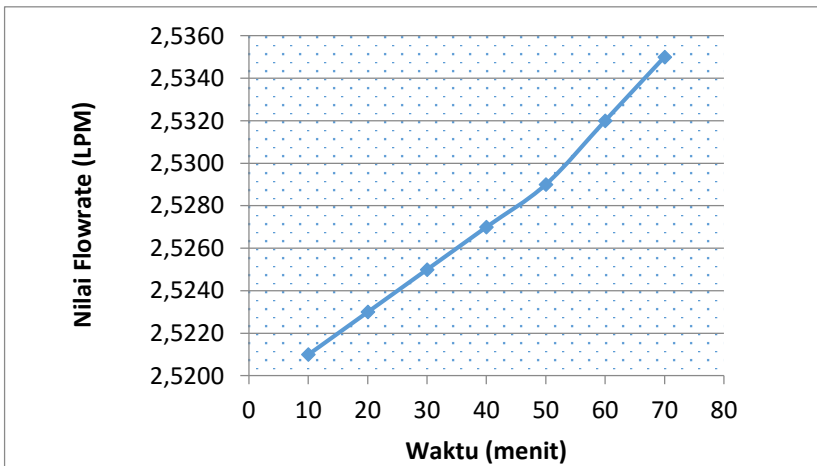
Tabel 4.10. Hasil Uji Sampling Data Setiap 10 Menit

No	Range Ukur (Rotameter) LPM	Sampling			Delay (m:s)
		10 menit			
		Flowrate (LPM)	Tanggal	Waktu	
1	3 LPM	2,3520	16/07/2016	20:37:07	10 m
		2,354	16/07/2016	20:47:10	10m ,3 detik
		2,357	16/07/2016	20:57:13	10m ,3 detik
		2,36	16/07/2016	21:07:16	10m ,3 detik
		2,363	16/07/2016	21:17:19	10m ,3 detik
		2,365	16/07/2016	21:27:22	10m ,3 detik
		2,367	16/07/2016	21:37:25	-
2	5 LPM	2,5210	16/07/2016	21:38:01	10 m
		2,523	16/07/2016	21:48:04	10 m ,3 detik
		2,525	16/07/2016	21:58:07	10 m ,3 detik
		2,527	16/07/2016	22:08:10	10 m ,3 detik
		2,529	16/07/2016	22:18:13	10 m ,3 detik
		2,532	16/07/2016	22:28:16	10 m ,3 detik
		2,535	16/07/2016	22:38:19	-
3	7 LPM	2,5890	16/07/2016	22:39:04	10 m
		2,591	16/07/2016	22:49:07	10 m ,3 detik
		2,593	16/07/2016	22:59:10	10 m ,3 detik
		2,596	16/07/2016	23:09:13	10 m ,3 detik
		2,599	16/07/2016	23:19:16	10 m ,3 detik
		2,603	16/07/2016	23:29:19	10 m ,3 detik
		2,606	16/07/2016	23:39:22	-

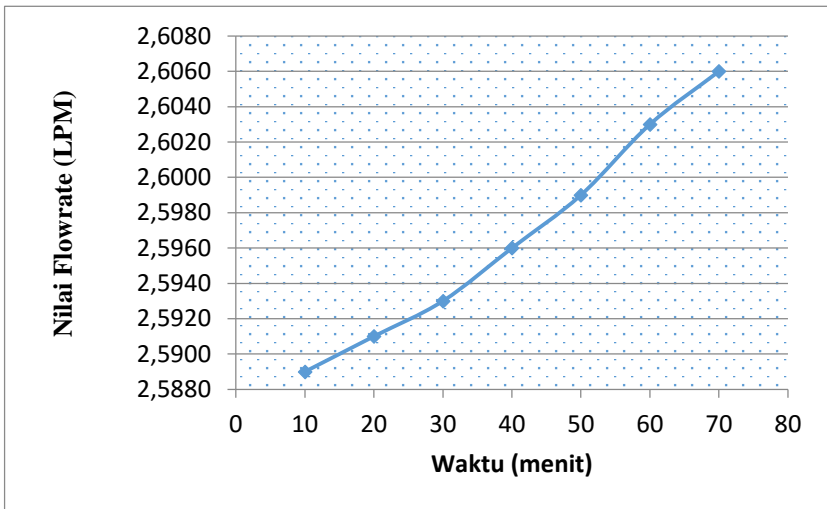
Berikut ini adalah grafik dari tabel diatas :



Gambar 4.19. Grafik Flowrate dengan sampling 10 menit dan *Range* Ukur Rotameter 3 LPM



Gambar 4.20. Grafik Flowrate dengan sampling 10 menit dan *Range* Ukur Rotameter 5 LPM



Gambar 4.21. Grafik Flowrate dengan sampling 10 menit dan *Range* Ukur Rotameter 7 LP

4.1.6 Monitoring Laju Aliran pada Orifice Plate

Setelah dilakukan pengujian dan kalibrasi selanjutnya alat ukur digunakan untuk memonitoring laju aliran pada plan. Laju aliran yang dimonitoring adalah laju aliran pada orifice plate. Berikut data monitoring laju aliran yang diambil dengan range 3 LPM – 10 LPM dalam waktu tiap 1 menit :

Tabel 4.11. Monitoring Laju Aliran pada Orifice Plate

Tanggal	Waktu	Rotameter (LPM)	Tekanan (Psi)	Flow (LPM)
26/06/2016	5:56	3	0,388	2.830
26/06/2016	6:00	4	0,397	2.861
26/06/2016	6:02	5	0,413	2,882
26/06/2016	6:04	6	0,421	2,947

26/06/2016	6:07	7	0,43	2,976
26/06/2016	6:09	8	0,44	3,010
26/06/2016	6:11	9	0,444	3,025
26/06/2016	6:13	10	0,444	3,025

Pada Tabel 4.6. dapat diketahui pada saat rotameter menunjukkan skala tertentu maka akan didapatkan hasil tekanan dan *flow* pada *orifice plate*. Hasil tersebut didapatkan dari pembacaan perbedaan tekanan pada aliran yang melewati *orifice plate* kemudian perbedaan tekanan dan laju aliran akan terbaca oleh sensor dan didapatkan hasil tersebut.

Berikut ini merupakan tabel nilai dari hasil perbandingan pengujian alat dengan perhitungan teori :

Tabel 4.12. Perbandingan pengujian alat dengan perhitungan teori

No.	Rotameter (LPM)	cv (coefficient valve)	ΔP (psig)	Qteori (LPM)	Pembacaan sensor (LPM)
				$Q=(\sqrt{cv.\Delta P})$	
1	3	17,536	0,388	2,6084	2.830
2	4	17,536	0,397	2,6385	2.861
3	5	17,536	0,413	2,6912	2,882
4	6	17,536	0,421	2,7171	2,947
5	7	17,536	0,43	2,7460	2,976
6	8	17,536	0,44	2,7777	3,01
7	9	17,536	0,444	2,7903	3,025
8	10	17,536	0,444	2,7903	3,025

4.2 Pembahasan

Sistem monitoring pada tugas akhir ini adalah memonitoring laju aliran. Terdapat beberapa alat ukur yang akan dimonitoring yaitu *orifice plate*, *pitot tube*, venturi, dan *elbow* dengan menggunakan *sensing element* MPX2010DP yang mempunyai *range* sebesar 0-10 kPa. Dengan menggunakan mikrokontroller Arduino yang nantinya akan diberi kodingan rumus pada masing-masing alat agar dapat membaca laju aliran pada masing-masing alat. Kemudian hasil perhitungannya akan di monitoring dengan software *visual studio* 2013.

Pengukuran laju aliran dengan *orifice plate* menggunakan prinsip *head flow meter* atau perbedaan tekanan. Dimana terdapat dua lubang pada *orifice*. Diamter pertama lebih kecil dibandingkan dengan lubang kedua, sehingga ketika aliran datang maka tekanan pada lubang pertama dan kedua akan berbeda. Dimana pada lubang pertama (diameter kecil) aliran fluida akan di dorong memasuki lubang pertama sehingga akan terjadi tekanan yang tinggi. Fluida akan mengalir secara laminar menuju lubang pertama dan setelah melewati lubang pertama akan menjadi aliran turbulen.

Saat terjadi perbedaan tekanan tersebut, maka hasil dari perbedaan tekanan tersebut akan terbaca oleh sensor MPX2010DP. Sensor MPX2010DP akan mengubah nilai tegangan yang di dapat menjadi besaran tekanan. Nilai tegangan yang didapat akan dikuatkan dengan rangkaian penguat non inverting yang kemudian dirangkai dengan Arduino.

Untuk dapat mengetahui berapa laju aliran yang mengalir pada *orifice plate* maka terlebih dahulu mencari nilai C_v dari alat ukur *orifice plate*. Nilai C_v tiap alat ukur berbeda-beda tergantung dari perbedaan tekanan yang dihasilkan, dan perbedaan tekanan tersebut tergantung dari bentuk dan ukuran alat.

Berdasarkan data dan perhitungan pada tabel 4.1. serta grafik yang dihasilkan yaitu gambar 4.4 menunjukkan bahwa nilai C_v dari alat ukur *orifice plate* adalah $C_v = 17,536x$. Nilai C_v diperoleh dari perbedaan tekanan yang dihasilkan alat ukur. Dari nilai C_v yang diperoleh, maka dapat dicari nilai flowrate dengan rumus $Q = \sqrt{C_v \times \Delta P}$.

Lampiran A
(Data Pengujian Alat dan Kalibrasi)

Tabel A.1. Data naik pembacaan delta p

Tanggal	waktu	rotameter (LPM)	delta p (Psi)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
26/06/2016	05:55	3	0,386	0,386	0,386	0,387	0,386	0,387	0,387	0,386	0,387	0,388
26/06/2016	06:00	4	0,396	0,397	0,397	0,398	0,398	0,398	0,387	0,389	0,389	0,389
26/06/2016	06:02	5	0,411	0,411	0,413	0,413	0,413	0,414	0,414	0,413	0,414	0,414
26/06/2016	06:03	6	0,421	0,422	0,422	0,421	0,421	0,421	0,422	0,422	0,422	0,422
26/06/2016	06:05	7	0,428	0,428	0,428	0,43	0,43	0,43	0,43	0,431	0,43	0,431
26/06/2016	06:06	8	0,433	0,433	0,433	0,433	0,434	0,434	0,434	0,434	0,434	0,434
26/06/2016	06:08	9	0,438	0,438	0,438	0,44	0,44	0,439	0,44	0,44	0,44	0,44
26/06/2016	06:13	10	0,444	0,444	0,444	0,445	0,444	0,444	0,444	0,445	0,445	0,445

Tabel A.2. Data naik pembacaan alat

Tanggal	waktu	rotameter (LPM)	Pembacaan Alat (LPM)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
26/06/2016	05:55	3	2,82	2,82	2,82	2,825	2,825	2,825	2,83	2,83	2,83	2,83
26/06/2016	06:00	4	2,861	2,861	2,856	2,856	2,861	2,861	2,861	2,871	2,871	2,871
26/06/2016	06:02	5	2,912	2,912	2,912	2,917	2,917	2,917	2,917	2,922	2,922	2,922
26/06/2016	06:03	6	2,947	2,947	2,951	2,951	2,951	2,947	2,947	2,947	2,951	2,951
26/06/2016	06:05	7	2,971	2,971	2,971	2,971	2,971	2,976	2,971	2,971	2,976	2,976
26/06/2016	06:06	8	3,005	3,005	3,005	3,01	3,01	3,005	3,01	3,01	3,01	3,01
26/06/2016	06:08	9	3,015	3,015	3,015	3,015	3,01	3,01	3,01	3,015	3,015	3,015
26/06/2016	06:13	10	3,02	3,025	3,025	3,025	3,03	3,03	3,025	3,025	3,03	3,03

Tabel A.3. Data turun delta p

Tanggal	waktu	rotameter (LPM)	delta p (Psi)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
26/06/2016	06:34	10	0,448	0,444	0,442	0,442	0,441	0,441	0,441	0,442	0,442	0,441
26/06/2016	06:36	9	0,438	0,438	0,438	0,44	0,44	0,439	0,439	0,438	0,438	0,438
26/06/2016	06:38	8	0,438	0,431	0,431	0,428	0,428	0,428	0,434	0,434	0,341	0,341
26/06/2016	06:40	7	0,428	0,428	0,427	0,427	0,425	0,425	0,427	0,427	0,425	0,425
26/06/2016	06:42	6	0,424	0,421	0,42	0,42	0,42	0,424	0,421	0,425	0,425	0,421
26/06/2016	06:44	5	0,414	0,411	0,415	0,414	0,408	0,411	0,411	0,411	0,41	0,41
26/06/2016	06:46	4	0,405	0,404	0,404	0,404	0,403	0,403	0,405	0,507	0,507	0,404
26/06/2016	06:49	3	0,397	0,387	0,387	0,39	0,387	0,386	0,386	0,388	0,388	0,386

Tabel A.4. Data turun pembacaan alat

Tanggal	waktu	rotameter (LPM)	Pembacaan Alat (LPM)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
26/06/2016	06:34	10	3,039	3,02	3,02	3,02	3,025	3,02	3,02	3,02	3,015	3,015
26/06/2016	06:36	9	3,02	3,03	3,015	3,015	3,01	3,01	3,01	3,015	3,015	3,01
26/06/2016	06:38	8	3,005	3,005	3,005	2,981	2,981	2,976	2,976	3,001	2,976	2,976
26/06/2016	06:40	7	2,971	2,966	2,966	2,961	2,961	2,961	2,966	2,956	2,951	2,951
26/06/2016	06:42	6	2,947	2,942	2,937	2,947	2,937	2,937	2,937	2,942	2,937	2,942
26/06/2016	06:44	5	2,927	2,922	2,922	2,912	2,912	2,912	2,907	2,907	2,912	2,912
26/06/2016	06:46	4	2,891	2,886	2,886	2,891	2,891	2,886	2,886	2,886	2,891	2,886
26/06/2016	06:49	3	2,871	2,861	2,835	2,835	2,825	2,825	2,825	2,825	2,825	2,825

LAMPIRAN B

Listing Program Arduino Uno dan *Visual Basic* 2013

Listing Program Arduino Uno

```
float voltage =0, kpa =0;
void setup() {
    // membaca tekanan sensor dalam kpa
    Serial.begin(9600);

}
void loop() {
    int sensorValue = analogRead(A0); //output sensor
MPX2010DP
    float voltage = sensorValue*(5.0/1023.0) ;//konversi tegangan
dari adc
    float kpa=((voltage/5.0)*10.0);
    float psi= kpa*0.145038;//konversi tegangan ke kpa
    float x= 20.628*psi;
    float flow = sqrt(x);
    float flowkalibrasi = (1*flow)-0.0007;
    Serial.print (psi, 3);
    Serial.print ("|");
    Serial.print (flowkalibrasi,3);
    //Serial.print ("|");
    //Serial.println (kalibrasi);
    Serial.println ("");
    delay(3000);

}
```


Listing Program *Visual Basic 2013*

```
Imports System.IO.Ports.SerialPort
Imports System.Data.OleDb
Imports System.Data
Public Class Form1
    Private myPortList As String()
    Private baudList As String() = {"300", "600",
    "1200", "2400", "4800", "9600"}
    Private WithEvents myserial As New
    IO.Ports.SerialPort
    Private timer, counter As Integer
    Private conString As String =
    "Provider=Microsoft.ACE.OLEDB.12.0;Data Source=D:\novia
    nur sa'adah\TA\KUMPULAN EXCEL\BISMILLAH.xlsx;Extended
    Properties = ""Excel 12.0 Xml;HDR=YES""
    Private koneksi As
    System.Data.OleDb.OleDbConnection
    Private perintah As System.Data.OleDb.OleDbCommand
    Private recording As Boolean = False
    Private pressure, flow As Double
    Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As
    EventArgs) Handles MyBase.Load
        Label1.Text = Date.Now.ToShortDateString
        Label2.Text = Date.Now.ToShortTimeString
        findPort()
        If (myPortList.Count >= 1) Then
            ComboBox1.Items.AddRange(myPortList)
            ComboBox1.SelectedIndex = myPortList.Count
- 1
        End If
        ComboBox2.Items.AddRange(baudList)
        ComboBox2.SelectedIndex = 5
    End Sub
    Sub findPort()
        Dim i As Integer = 0
        For Each myport As String In
    My.Computer.Ports.SerialPortNames
            ReDim Preserve myPortlist(i)
            myPortlist(i) = myport
            i += 1
        Next
    End Sub
End Class
```

```

End Sub

Private Sub ComboBox1_SelectedIndexChanged(sender
As Object, e As EventArgs) Handles ComboBox1.Click
    findPort()
    ComboBox1.Items.Clear()
    If (Not myPortList Is Nothing) Then
        ComboBox1.Items.AddRange(myPortList)
    End If
End Sub

Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Button1.Click

    koneksi = New OleDbConnection
    koneksi.ConnectionString = conString
    Try
        koneksi.Open()
        MsgBox("Database Opened")
    Catch ex As Exception
        MsgBox(ex.Message)
    End Try
End Sub

Private Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Timer1.Tick
    timer += 1
    Label11.Text = timer.ToString
    Label1.Text = Date.Now.ToShortDateString
    Label2.Text = Date.Now.ToShortTimeString
    Select Case ComboBox3.Text
        Case "1"
            If timer = 60 Then
                stop_recording()
            End If
        Case "3"
            If timer = 180 Then
                stop_recording()
            End If
        Case "5"
            If timer = 300 Then
                stop_recording()
            End If
    End Select
End Sub

```

```

        End If
        Case "10"
            If timer = 600 Then
                stop_recording()
            End If
        End Select
    End Sub
    Sub stop_recording()
        Timer1.Stop()
        recording = False
    End Sub
    Sub simpan_data(pressure As String, flow As String)
        perintah = New OleDb.OleDbCommand
        With perintah
            .Connection = koneksi
            .CommandText = "INSERT INTO [Sheet1$]
VALUES ('" + Date.Now.ToShortDateString + "', '" +
Date.Now.ToShortTimeString + "', '" + pressure + "', '"
+ flow + "')"
        End With
        Try
            perintah.ExecuteNonQuery()
        Catch ex As Exception
            MsgBox(ex.Message)
        End Try
    End Sub

    Private Sub myserial_dataReceive() Handles
myserial.DataReceived
        Dim dataReceive As String = myserial.ReadLine
        Me.Invoke(New oper(AddressOf olahdata),
dataReceive)
    End Sub
    Delegate Sub oper(ByVal [data] As String)
    Sub olahdata(ByVal dataIn As String)
        counter += 1
        Dim strArr() As String = dataIn.Split("|")
        RichTextBox1.AppendText("pressure = " +
strArr(0).ToString + "flowkalibrasi = " +
strArr(1).ToString + vbNewLine)
        RichTextBox1.ScrollToCaret()
    End Sub

```

```

        Chart1.Series("Series1").Points.AddXY(counter,
strArr(0))
        Chart2.Series("Series1").Points.AddXY(counter,
strArr(1))

Chart3.Series("Series1").Points.AddXY(strArr(0),
strArr(1))
    If recording = True Then
        simpan_data(strArr(0), strArr(1))
    End If
End Sub

Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Button2.Click

    Chart1.Series("Series1").Points.Clear()
    Chart2.Series("Series1").Points.Clear()
    Chart3.Series("Series1").Points.Clear()
    recording = False
    timer = 0
    myserial.PortName = ComboBox1.Text()
    myserial.BaudRate = CInt(ComboBox2.Text)
    Try
        myserial.Open()
        counter = 0
    Catch ex As Exception
        MsgBox(ex.Message)
    End Try
    If (myserial.IsOpen) Then
        MsgBox("serial started")
    End If
End Sub

Private Sub Button3_Click(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Button3.Click
    If Timer1.Enabled = True Then
        Timer1.Stop()
    End If
    Try
        myserial.Dispose()
    Catch ex As Exception
        MsgBox(ex.Message)
    End Try

```

```

        End Try
        MsgBox("closed")
    End Sub

    Private Sub Button4_Click(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Button4.Click
        recording = True
        timer = 0
        Timer1.Start()
        Timer1.Interval = 1000
    End Sub

    Private Sub Button5_Click(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Button5.Click
        If Not timeSampling = CInt(ComboBox4.Text) Then
'sampling
            recording = False 'sampling
            RichTextBox1.Clear() 'sampling
            Chart1.Series("Series1").Points.Clear()
'sampling
            Chart2.Series("Series1").Points.Clear()
'sampling
            Chart3.Series("Series1").Points.Clear()
'sampling
            timeSampling = CInt(ComboBox4.Text)
'sampling
            sst = (Now.ToString("ss"))
'sampling
            mmt = (Now.ToString("mm") + timeSampling)
Mod 10 'sampling
        End If
    End Sub ''

    Private Sub ComboBox3_SelectedIndexChanged_1(sender
As Object, e As EventArgs) Handles
ComboBox3.SelectedIndexChanged
        cekk(0)
    End Sub

    Private Sub ComboBox2_SelectedIndexChanged(sender
As Object, e As EventArgs) Handles
ComboBox2.SelectedIndexChanged
        cekk(1)
    End Sub

```

```
End Sub
Sub cekK(ByVal iiii As Integer)
    selecsemua(iiii) = True
    bukabuka = True
    For iii As Integer = 0 To 1
        If (Not selecsemua(iii)) Then
            bukabuka = False
        End If
    Next
    Button5.Enabled = bukabuka
    Button1.Enabled = bukabuka
End Sub
End Class
```

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan system pengukuran dan monitoring laju aliran dengan perbedaan tekanan pada *orifice* maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- a. Telah dirancang alat ukur laju aliran *orifice plate* dengan menggunakan sensor MPX2010DP yang dirangkai dengan Arduino Uno sebagai mikrokontroler dengan serial komunikasi *visual studio* 2013.
- b. Didapatkan nilai CV pada alat ukur *orifice plate* sebesar 17,536x dari perbedaan tekanan.
- c. Alat ukur *orifice* memiliki sensitivitas hingga 0,591 LPM dengan prosentase 85,34%.
- d. Pada alat ukur *orifice* nilai ketidakpastian $\pm 0,0553$ dengan tingkat kepercayaan 95%. Sedangkan nilai keakurasiannya mencapai 85,43% dengan error 0,015.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

- a. Untuk penelitian selanjutnya bisa ditambahkan pengendalian *flow*.
- b. Sensor yang digunakan diganti dengan sensor yang mempunyai sensitivitas tinggi

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Bentley, John P. 2005. "***Principles of Measurement System 4th Edition***". London : Prentice Hall
- Boyes, Walts. 2003. ***Instrumentation Reference Book***. Elsevier Science. USA.
- Crabtree, Michael A. 2009. Thesis "***Industrial Flow Measurement***". The University of Huddersfield
- Daniel. 2010. "***Fundamental of orifice measurement***"
- Firmasyah, Okky Agassy. 2015. ***Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Akuisisi Data Rpm Fan, Temperatur dan Kelembaban Pada Ducting Air Conditioning Laboratory Unit Pa Hilton A575***. Surabaya: Teknik Fisika, ITS
- Liptak, B.G, Lomas, D.J. 2003. "***Flow Measurement***"
- Saputra, Andi. 2015. ***Rancang Bangun Sistem Informasi Manufaktur Percetakan Pada CV Fera Lubuklinggau***. Palembang: Sistem Informasi, STMIK GI MDP
- Zimmermann, H, 1999, ***Examination of disturbed pipe flow and its effect on flow measurement using orifice plates, Flow Measurement and Instrumentation***.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di kota Bontang, 8 November 1994. Diberi nama Novia Nur Sa'adah. Bapak bernama Muhammad Muchlis, Ibu bernama Sulainah dan mempunyai dua orang kakak kandung yang bernama Eko Sulistyo Ade Irawan dan Dody Setiawan. Alamat asli rumah di Bontang terdapat pada Jl. Semboja block CC No.10 perumahan BTN PKT RT 11

Kelurahan Belimbing Kecamatan Bontang Barat. Penulis menyelesaikan Taman Kanak-kanak pada tahun 2001 di Yayasan Pupuk Kaltim, di Bontang. Sekolah Dasar pada tahun 2007 di SD2 Yayasan Pupuk Kaltim, pada tahun 2009 penulis menamatkan SMP Yayasan Pupuk Kaltim dan pada tahun 2013 penulis menamatkan sekolah menengah di SMA N 1 Bontang. Penulis mempunyai minat terhadap bidang organisasi. Dari semenjak dibangku SMP hingga sekarang dibangku kuliah, penulis masih aktif menggeluti bidang organisasi. Pada tahun 2016 ini, penulis mampu menyelesaikan gelar ahli madya di Program Studi DIII-Metrologi dan Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Sistem Pengukuran dan Monitoring Laju Aliran pada Orifice Plate Dengan Menggunakan Sensor MPX2010DP Berbasis Arduino”. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, dapat menghubungi penulis melalui email novsdh@gmail.com.